CÉRÉALES DE PRINTEMPS

Culture

Ce bulletin remplace le bulletin **Céréales-culture** paru en novembre 1977.

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation

Québec 1988

89-02264/

Photo: J.P. Jacob, MAPAQ

Dépôt légal
Bibliothèque nationale
2e trimestre 1988
ISBN-2-551-06833-9

CÉRÉALES DE PRINTEMPS, CULTURE

COMITÉ DES CÉRÉALES

AMYOT, André — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Deschambault.*

ARCAND, André — Agronome, *Agriculture Canada, Montréal.*

BASTIEN, Denis — Agronome, *Conceptra Inc., Beloeil.*

BOUDREAU, Armand — Agronome, *Université Laval, Québec.*

BRAULT, Roland — *Syndicat des producteurs de semences pedigree du Québec, Longueil.*

BRUNELLE, André — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Nicolet.*

COLLIN, Jean — Agronome, *Université Laval, Sainte-Foy.*

COMEAU, André — *Agriculture Canada, Sainte-Foy.*

COUTURE, Luc — Agronome, *Agriculture Canada, Sainte-Foy.*

DEVAUX, Alain — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Saint-Hyacinthe.*

DION, Yves — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Saint-Bruno-de-Montarville.*

DOSTALER, Daniel — Agronome, *Université Laval, Sainte-Foy.*

DUBUC, Jean-Pierre — Agronome, *Agriculture Canada, Sainte-Foy.*

DUPUIS, Gilles — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Deschambault.*[1]

FERNET, Camille — Agronome, *Agriculture Canada, Lennoxville.*

FORTIN, Serge — Ingénieur, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Saint-Bruno-de-Montarville.*

JACOB, Jean-Paul — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Saint-Louis de France.*

KLINCK, Harold R. — Agronome, *Université McGill, Sainte-Anne-de-Bellevue.*

LEROUX, Gilles — Agronome, *Université Laval, Sainte-Foy.*

LÉVESQUE, Marcel — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Saint-Hyacinthe.*

MALTAIS, Bruno — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec.*

MIGNER, Pierre — Agronome, *Coopérative Fédérée de Québec, Montréal.*

MORIN, Richard — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec.*

MORISSETTE, Pierre — *Régie des assurances agricoles du Québec, Lévis.*

OUELLET, Denise — Agronome, *Agriculture Canada, Rouyn.*

SAINT-PIERRE, Claude-André — Agronome, *Université Laval, Sainte-Foy.*

TREMBLAY, Michel — *Rohm and Haas Canada Inc. Saint-Laurent.*

VANASSE, Anne — Agronome, *Conceptra Inc., Beloeil.*

[1] Décédé

COMITÉ DE RÉVISION

AMYOT, André — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Deschambault.*

BASTIEN, Denis — Agronome, *Conceptra Inc., Beloeil.*

BRUNELLE, André — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Nicolet.*

COMEAU, André — *Agriculture Canada, Sainte-Foy.*

COUTURE, Jean-Noël — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Saint-Joseph de Beauce.*

COUTURE, Luc — Agronome, *Agriculture Canada, Sainte-Foy.*

FORTIN, Serge — Ingénieur, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Saint-Bruno-de-Montarville.*

ISFAN, Daniel — *Agriculture Canada, Sainte-Foy.*

JACOB, Jean-Paul — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Saint-Louis de France.*

MALTAIS, Bruno — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec.*

MORIN, Richard — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec.*

ÉDITION

GOSSELIN, Bruno — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec.*

HAYART, Guy — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec.*

SOUCY, Yvan — Agronome, *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec.*

VÉZINA, Sylvie — *ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec.*

Présentation

Le terme « céréale » désigne les grains dont la mouture est utilisée pour l'alimentation des hommes et des animaux. Les céréales sont en grande partie des graminées : on cultive, ici au Québec, l'avoine, le blé, le maïs, l'orge, le seigle et le triticale. Certaines dicolytédones sont également considérées comme des céréales. On a ici, au Québec, le sarrasin.

Ce bulletin traite de la culture de printemps de l'avoine, du blé, de l'orge auquel s'ajoute le sarrasin. Le seigle et le triticale de printemps ne sont pas considérés à cause de leur faible importance. Ce sont ce qu'on appelle les céréales à paille : leurs techniques de culture sont à peu près semblables. Ces productions sont semées en avril et mai et récoltées en août et septembre.

Il existe également des céréales à paille d'« automne » ou d'« hiver ». Elles sont semées à la fin d'août début de septembre et récoltées à la fin de juillet de l'année suivante. Leur culture est expliquée dans le bulletin « Céréales d'automne, culture », Agdex 110/20.

On trouvera dans le bulletin « Maïs culture » Agdex 111/20, les explications sur la culture du maïs.

Enfin, ce bulletin se veut une source d'information sur les techniques et les pratiques culturales et laisse le soin à d'autres publications produites par le comité de Références économiques en agriculture du Ministère, le soin d'analyser les facteurs économiques de la production.

Table des matières

PRODUCTION, UTILISATION ET CLASSIFICATION
Production ... 20
Utilisation ... 21
Alimentation animale ... 21
Alimentation humaine ... 21
Classification ... 27
Classification des cultivars suivant leur potentiel génétique de qualité ... 28
Classification légale ... 28

DÉVELOPPEMENT ET PHYSIOLOGIE
Période végétative ... 41
Germination et levée ... 41
Pré-tallage ... 41
Tallage ... 41
Période reproductrice ... 43
Initiation florale et début de montaison ... 43
Photopériodisme ... 44
Effets déterminants de la température ... 44
Montaison et gonflement ... 45
Gonflement et épiaison ... 45
Épiaison et floraison ... 45
Période des grains ... 46
Formation du grain, stade aqueux ... 46
Remplissage du grain, stades laiteux et pâteux ... 46
Dormance ... 47
Dessiccation du grain ... 47

GESTION ET TRAVAIL DU SOL
Assainissement ... 50
Drainage ... 50
Aménagement de surface ... 50
Profilage des planches ... 50
Correction du profilage ... 51
pH du sol et chaulage ... 52
Rotation et monoculture ... 53
Préparation de sol ... 54
Opérations culturales primaires ... 54
Opérations culturales secondaires ... 54
Conservation du sol ... 58
Érosion ... 58
Compactage ... 58
Matière organique ... 59
Décomposition de la matière organique ... 59
Humus ... 59
Apports organiques ... 61
Fumiers et lisiers ... 61
Paille ... 61
Engrais verts ... 61
Matières ligneuses ... 61

ENSEMENCEMENT

Choix de l'espèce ... 65
Exigences climatiques ... 65
Exigences édaphiques — les sols ... 65
Choix des cultivars ... 66
Choix de la semence ... 66
Semences pedigrees ... 66
Semences commerciales ... 66
Grains de ferme ... 66
Grains d'alimentation de l'Ouest Canadien ... 67
Semis ... 68
Date de semis ... 68
Dose de semis ... 69
Densité de grains à semer ... 69
Calibre de la semence ... 71
Pourcentage de germination ... 71
Calcul de la dose de semi ... 71
Profondeur de semis ... 72
Réglage du semoir ... 73
Méthode par la pesée ... 73
Méthode basée sur le comptage des grains ... 74
Choix du semoir ... 74
Appareils sillonneurs ... 74
Mécanisme d'ajustement de la profondeur ... 76
Mécanisme assurant le tassement du sol ... 76
Mécanisme de distribution des engrais ... 76
Écartement des disques ... 76
Semoir pneumatique ... 76
Semis à la volée ... 76

FERTILISATION

Généralités ... 78
Modes et temps d'application des fertilisants ... 78
Fertilisation localisée ... 78
Fertilisation à la volée ... 79
Fertilisation foliaire ... 80
Fertilisants liquides appliqués au sol ... 80
Fertilisation fractionnée ... 80
Principaux éléments fertilisants ... 80
Azote ... 80
Objectif de rendement ... 81
Application fractionnée ... 81
Phosphore ... 82
Potasse ... 82
Magnésium et soufre ... 82
Manganèse, cuivre, bore ... 82
Analyse foliaire ... 83
Fumiers et lisiers ... 84
Comptabilisation de la valeur fertilisante des fumiers et lisiers ... 84
Éléments secondaires et oligo-éléments des fumiers ... 85
Recommandations de fertilisation ... 85
Conditions particulières ... 85
Avoine ... 85
Blé ... 85
Orge ... 85
Recommandations de fertilisation ... 86
Remarques spécifiques sur l'azote ... 86
Remarques générales ... 86

MAUVAISES HERBES
Impacts des mauvaises herbes ... 88
Compétition ... 88
Interférence à la récolte ... 89
Réservoirs de maladies ... 90
Principales mauvaises herbes ... 90
Répression ... 97
Prévention ... 97
Lutte aux mauvaises herbes ... 97
Herbicides ... 97
Mélanges d'herbicides ... 99
Conditions de succès ... 99

MALADIES
Généralités sur le développement des maladies ... 102
Principales maladies au Québec ... 103
Charbons ... 103
Ergot ... 104
Rouilles ... 104
Oïdium ou blanc ... 106
Jaunisse nanisante ... 106
Septorioses ... 106
Helminthosporioses de l'orge ... 106
Tache helminthosporienne du blé ... 107
Rhynchosporiose de l'orge ... 107
Fusariose de l'épi ... 107
Piétin fusarien ... 110
Piétin-échaudage du blé ... 110
Maladies du seigle et du triticale ... 110
Effets des rotations ... 111
Traitement des semences ... 111
Fongicides en végétation ... 112

RAVAGEURS
Insectes ... 114
Insectes attaquant la semence en terre ... 114
Vers fil de fer (taupins) ... 114
Insectes attaquant les plantes en croissance ... 114
Pucerons ... 114
Légionnaire uniponctuée ... 115
Criquets ... 115
Oscine (diptère des tiges de céréales) ... 115
Criocère des céréales ... 117
Thrips ... 117
Cécidomyie du blé ... 117
Mouche de Hess ... 117
Insectes attaquant le grain entreposé ... 117
Oiseaux ... 117
Rongeurs ... 118
ANNEXE A — RAVAGEURS
Identification des espèces de pucerons ... 118

RÉCOLTE DES GRAINS

Moissonneuse-batteuse ... 122
Mécanisme de coupe ... 122
Mécanisme d'alimentation ... 123
Mécanisme de battage ... 123
Mécanisme de séparation ... 124
Type conventionnel ... 124
Type axial ... 124
Mécanisme de nettoyage ... 124
Moniteurs électroniques ... 124
Conditions idéales d'opération de la moissonneuse-batteuse ... 125
Teneur en eau à la récolte (grains secs) ... 125
Andainage ... 126
Appréciation du travail de battage ... 126
Évaluation des pertes à la récolte ... 127
Mesure des pertes de grains à la récolte des céréales ... 127
Estimé du rendement ... 128

CONSERVATION DES GRAINS SECS

Ennemis des grains secs entreposés ... 130
Respiration des grains secs ... 130
Activité des insectes et des acariens ... 130
Développement des moisissures ... 131
Recommandations pour une bonne conservation ... 131
Entretien et préparation des cellules ... 131
Propreté des grains ... 131
Remplissage de la cellule ... 132
Teneur en eau ... 132
Ventilation ... 134
Séchage des céréales ... 135
Séchage à haute température ... 135
Séchage à basse température ... 135
Ventilation des grains secs ... 137
Système de ventilation ... 137
Pourquoi faut-il ventiler les grains secs? ... 138
Comment ventiler les grains secs? ... 139
Quand ventiler les grains entreposés? ... 140
Inspection des grains entreposés ... 141
Sécurité ... 142
Danger à la vidange ... 142
Formation de ponts ou voûtes ... 142
Éléments mécaniques ... 142
Échelles ... 142

RÉCOLTE ET CONSERVATION DES GRAINS HUMIDES

Récolte ... 144
Avantages ... 144
Inconvénients ... 144
Entreposage et conservation de l'orge humide ... 145
Sous forme d'ensilage ... 145
En silo-tour ... 146
Avec membrane d'étanchéité ... 146
En silo horizontal ... 146
En sacs de polyéthylène ... 146
En sacs semi-vrac ... 146
Notes ... 146
Avec utilisation des préservatifs ... 146
Traitement du grain humide pour l'alimentation ... 148
Quelques considérations techniques ... 148

CULTURE INTENSIVE
Raccourcisseurs de paille ... 150
Perspectives sur la culture intensive ... 150
Produits utilisés contre la verse ... 150
Stades d'application ... 150
Efficacité selon les conditions de croissance ... 150
Effets du traitement ... 151
Mise en garde ... 152
Facteurs de décision ... 152

CÉRÉALES MÉLANGÉES ET AUTRES ESPÈCES
Mélange céréale-céréale ... 154
Principaux avantages ... 154
Principaux inconvénients ... 154
Ensemencement ... 154
Choix des espèces ... 154
Choix des cultivars ... 154
Dose de semis et proportion de chaque espèce ... 155
Mélange céréale-pois ... 155
Avantages ... 155
Inconvénients ... 155
Ensemencement ... 156
Choix des espèces ... 156
Choix des cultivars ... 156
Semis et proportion de chaque espèce ... 156
Inoculation ... 157
Récolte ... 157
Sarrasin ... 157
Production ... 157
Adaptation ... 157
Cultivars ... 157
Régie ... 158
Préparation du sol ... 158
Ensemencement ... 158
Date de semis ... 158
Fertilisation ... 158
Mauvaises herbes ... 158
Ennemis ... 158
Récolte et conservation ... 158

OBTENTION, RECOMMANDATION ET PRODUCTION DE SEMENCES DE CULTIVARS
Obtention et recommandation de cultivars ... 160
Production de semences pedigree ... 161
Diversification génétique ... 162

ANNEXE B — CÉRÉALES DE PRINTEMPS, CULTURE
Adresses utiles ... 164

ANNEXE C — CÉRÉALES DE PRINTEMPS, CULTURE
Publications à consulter pour la culture des céréales ... 167

Liste des tableaux

TABLEAU 1 — **Évolution des superficies, des rendements et de la production des céréales au Québec de 1976 à 1986** 20

TABLEAU 2 — **Degré d'autosuffisance théorique du Québec en alimentation animale** 22

TABLEAU 3 — **Principales utilisations des céréales en alimentation animale (et, entre parenthèses, utilisation potentielle)** 23

TABLEAU 4 — **Critères d'acceptation industrielle du blé roux de printemps pour l'alimentaion humaine en 1986** 24

TABLEAU 5 — **Critères d'acceptation industrielle du blé roux d'automne pour l'alimentation humaine en 1986** 24

TABLEAU 6 — **Critères d'acceptation industrielle du blé blanc d'automne pour l'alimentation humaine en 1986** 24

TABLEAU 7 — **Critères d'acceptation industrielle du blé dur ambré pour l'alimentation humaine** 25

TABLEAU 8 — **Mélanges de blé acceptables par catégories d'utilisation industrielle** 25

TABLEAU 9 — **Critères d'acceptation industrielle de l'orge de malterie pour l'alimentation humaine en 1986** 26

TABLEAU 10 — **Critères d'acceptation industrielle de l'avoine vêtue pour l'alimentation humaine en 1986** 26

TABLEAU 11 — **Désignation des espèces de céréales à paille** 27

TABLEAU 12 — **Terminologie basée sur les caractères distinctifs du grain récolté, couramment utilisée pour la commercialisation** 27

TABLEAU 13 — **Résumé des normes légales de classification du blé de printemps** 29

TABLEAU 14 — **Résumé des normes légales de classification de l'orge fourragère et de l'avoine** 29

TABLEAU 15 — **Aperçu global des effets de l'environnement sur la physiologie de la croissance et le rendement de l'orge** 44

TABLEAU 16 — **Eau utile possible dans la couche de labour (20 centimètres) pour diverses classes de sols** 45

TABLEAU 17 — **Évolution de la dormance au cours de la maturation du blé** 47

TABLEAU 18 — **Efficacité relative des éléments nutritifs selon le niveau de pH du sol** 52

TABLEAU 19 — **Coefficient isohumique (rapport entre la quantité d'humus formée pour une quantité donnée de matière sèche ajoutée) et durée de la matière organique obtenue à l'aide de divers amendements** 61

TABLEAU 20 — **Exigences de culture des céréales** 65

TABLEAU 21 — **Résumé de normes légales pour la semence de blé tendre** 67

TABLEAU 22 — **Résumé des normes légales pour la semence d'orge et d'avoine** 67

TABLEAU 23 — **Dates de semis suggérées pour les différentes espèces de céréales en fonction des zones agroclimatiques** 68

TABLEAU 24 — **Effet de la date de semis sur diverses caractéristiques du blé, de l'orge et de l'avoine au Québec (CPVQ, 1971-1980)** 68

TABLEAU 25 — **Rendement de l'orge et du blé (tous cultivars) au Québec classés suivant les dates de semis** 69

TABLEAU 26 — **Effet de la date de semis sur le rendement des espèces de céréales dans diverses zones agroclimatiques du Québec (1971-1980)** .. 69

TABLEAU 27 — **Nombre de grains à semer en fonction du nombre optimum d'épis à la récolte** 69

TABLEAU 28 — **Dose de semis (kilogramme à l'hectare) en fonction du poids de 1 000 grains et de la densité au mètre carré** 71

TABLEAU 29 — **Nombre de grains à semer au mètre linéaire en fonction de l'écartement des disques et du nombre de grains désiré par mètre carré** 73

TABLEAU 30 — **Quantité approximative d'éléments nutritifs prélevée par les céréales (kilogramme à l'hectare) pour un rendement donné** 78

TABLEAU 31 — **Dose d'application sécuritaire d'azote (semoir combiné)** 79

TALBEAU 32 — **Correction de la fertilisation azotée en fonction du précédent cultural** 81

TABLEAU 33 — **Interprétation des analyses foliaires des céréales** 83

TABLEAU 34 — **Teneur moyenne en éléments autres que N, P et K des fumiers de diverses espèces animales** 84

TABLEAU 35 — **Fertilisation des céréales (semis pur)** 86

TABLEAU 36 — **Présence (en pourcentage) des principales espèces de mauvaises herbes dans les céréales, par régions agricoles du Québec** 91

TABLEAU 37 — **Principales maladies affectant les céréales à paille de printemps au Québec** 102

TABLEAU 38 — **Maladies propagées aux céréales par la culture précédente dans le cadre d'une rotation** 111

TABLEAU 39 — **Fongicides pour le traitement des semences de céréales** 112

TABLEAU 40 — **Clé d'identification des principales espèces de pucerons des céréales** 119

TABLEAU 41 — **Nombre de grain par mètre carré correspondant une perte de 100 kilogrammes à l'hectare selon le poids de 1 000 grains de la récolte** 128

TABLEAU 42 — **Détermination des pertes de grains à la récolte des céréales** 128

TABLEAU 43 — **Teneur en eau à l'équilibre de quelques espèces de grain, selon les équations de Chung** 133

TABLEAU 44 — **Températures maximales permises pour les grains séchés à haute température** 135

TABLEAU 45 — **Puissance typique d'un ventilateur de type axial, pour le séchage des céréales à basse température (kW)** 136

TABLEAU 46 — **Exemples de puissance de ventilateurs permettant de fournir deux litres d'air par seconde par mètre cube selon la dimension des cellules** 137

TABLEAU 47 — **Quantité d'acide propionique (99.5 %) à ajouter à une tonne d'orge humide suivant sa teneur en eau** 147

TABLEAU 48 — **Nombre de bovins laitiers permettant un prélèvement quotidien moyen de 75 millimètres d'orge humide, en fonction du diamètre du silo et de la quantité servie quotidiennement** 148

TABLEAU 49 — **Densité de l'orge humide entière ou roulée et l'équivalent en matière sèche** 148

TABLEAU 50 — **Rendement de mélanges avoine-orge à Charlottetown (moyenne de trois ans)** 154

TABLEAU 51 — **Rendement et qualité obtenus avec l'association blé-pois** 156

TABLEAU 52 — **Étapes de l'amélioration phytogénétique des céréales et de la recommandation au Québec** 160

Liste des figures

FIGURE 1 — **Grains de céréales** 30

FIGURE 2 — **Épis de céréales** 31

FIGURE 3 — **Stades de développement des céréales sur l'échelle de Zadoks** 34

FIGURE 4 — **Le développement du blé et l'élaboration du rendement** ... 40

FIGURE 5 — **Plante avec un maître-brin, deux talles, et des racines secondaires au niveau du plateau de tallage (stade 22, échelle de Zadoks)** ... 42

FIGURE 6 — **Coupe longitudinale de la tige principale au stade «épi» à un centimètre** 43

FIGURE 7 — **Profilage excessif des planches** 51

FIGURE 8 — **Exemple de construction de planche en faîte en terrain plat où le drainage souterrain a été effectué** 51

FIGURE 9A — **Charrue à corps** 55

FIGURE 9B — **Chisel** 55

FIGURE 9C — **Charrue à disques** 55

FIGURE 9D — **Pulvériseur (herse à disques)** 56

FIGURE 9E — **Herse à ressorts** 56

FIGURE 9F — **Herse à ressorts de type vibroculteur** 56

FIGURE 10 — **Cycle de la matière organique du sol** 60

FIGURE 11 — **Zones d'acclimatation des céréales au Québec** 64

FIGURE 12 — **Pourcentage de gain (+) ou de perte (–) occasionné par un semis hâtif par rapport à un semis tardif dans les zones A à F (le nombre de comparaisons est noté sous chaque zone) selon les cultivars (1971 à 1980)** 70

FIGURE 13 — **Influence de la profondeur de semis sur le développement des parties souterraines et sur le tallage du blé** 72

FIGURE 14 — **Semoir conventionnel muni de disques sillonneurs doubles** 74

FIGURE 15A — **Disque sillonneur muni d'un cercle métallique qui régularise la profondeur du semis** 75

FIGURE 15B — **Roues plombeuses individuelles. Elles régularisent la profondeur du semis et assurent le tassement du sol** 75

FIGURE 15C — **Roues plombeuses regroupées. Elles assurent le tassement du sol** 75

FIGURE 16 — **Semoir pneumatique** 76

FIGURE 17 — **Représentation schématique des principaux facteurs déterminant l'intensité de la compétition** 88

FIGURE 18 — **Relation entre la densité du chiendent et le rendement de l'orge** 89

FIGURE 19 — **Chiendent** 92

FIGURE 20 — **Vesce jargeau** 92

FIGURE 21 — **Digitaire astringente** 93

FIGURE 22 — **Échinochloa pied-de-coq** 93

FIGURE 23 — **Panic capillaire** 93

FIGURE 24 — **Sétaire glauque** 94

FIGURE 25 — **Sétaire verte** 94

FIGURE 26 — **Chénopode blanc** 94

FIGURE 27 — **Moutarde des champs** 95

FIGURE 28 — **Petite herbe à poux** 95

FIGURE 29 — **Ortie royale** 96

FIGURE 30 — **Renouée persicaire** 96

FIGURE 31 — **Ricinelle rhomboïde** 96

FIGURE 32 — **Charbon nu de l'avoine** 105

FIGURE 33 — **Sclérotes de l'ergot et grains d'orge** 105

FIGURE 34 — **Rouille des feuilles** 105

FIGURE 35 — **Rouille des tiges** 105

FIGURE 36 — **Oïdium** 108

FIGURE 37 — **Jaunisse nanisante (chez le blé)** 108

FIGURE 38 — **Septoriose de l'avoine** 108

FIGURE 39 — **Rayure réticulée** 108

FIGURE 40 — **Tache helminthosporienne du blé** 109

FIGURE 41 — **Rhynchosporiose** 109

FIGURE 42 — **Fusariose de l'épi du blé** 109

FIGURE 43 — **Piétin - échaudage** 109

FIGURE 44 — **Puceron des graminés** 116

FIGURE 45 — **Puceron des céréales** 116

FIGURE 46 — **Infestation de cucujides** 116

FIGURE 47 — **Cucujide roux** 116

FIGURE 48 — **Anatomie élémentaire des pucerons** 119

FIGURE 49 — **Moissonneuse-batteuse conventionnelle** 122

FIGURE 50 — **Moissonneuse-batteuse à écoulement axial** 123

FIGURE 51 — **Pertes de grains à la récolte des céréales** 127

FIGURE 52 — **Zones de température et d'humidité propices aux facteurs de détérioration des céréales** 130

FIGURE 53 — **Nettoyeur à grains** 132

FIGURE 54 — **Ventilation dans les silos à grains** 134

FIGURE 55 — **Condensation dans les silos à grains** 138

FIGURE 56 — **Cycle de ventilation** 139

FIGURE 57 — **Début d'un cycle de ventilation** 140

FIGURE 58 — **Exemple d'une bonne répartition des points de lecture de température dans une cellule de grains** 141

FIGURE 59 — **Danger lors de la vidange des silos à grains** 142

FIGURE 60 — **Destruction des cavités formées par des grains chauffés** 142

FIGURE 61 — **Préparation et utilisation des voies d'accès dans les cultures intensives de céréales** 151

FIGURE 62 — **Baisse de rendement de l'orge Bruce, par rapport aux cultivars québécois Loyola et Laurier de 1977 à 1985** 162

PRODUCTION, UTILISATION ET CLASSIFICATION

Production

Utilisation

Classification

Richard Morin et André Comeau

Production

L'augmentation de la production des céréales à paille et du maïs-grain constitue un des changements les plus importants dans l'agriculture québécoise au cours des dix dernières années.

Au cours de cette période, la production céréalière passe de 828 000 tonnes en 1976 à 2 600 000 tonnes en 1986. Celle des céréales à paille passe de 530 100 tonnes à 1 145 000 tonnes et celle du maïs de 298 500 tonnes à 1 450 000 tonnes.

Dans les céréales à paille, cette augmentation est attribuable en grande partie à l'augmentation de la production de l'orge. Pour l'orge, l'augmentation s'explique par une hausse importante des rendements mais aussi par une augmentation spectaculaire des superficies. Par ailleurs, l'ensemble des superficies en céréales à paille ne fait que passer de 319 000 hectares en 1976 à 425 000 hectares en 1986.

Au cours de cette décade, le rendement moyen des céréales à paille passe de 1 710 kilogrammes à l'hectare (moyenne 1976-1977) à 2 845 kilogrammes à l'hectare (moyenne de 1985 et 1986) soit une augmentation de 66 %. Cette amélioration de la productivité est le fait de l'utilisation de nouveaux cultivars et de l'application de meilleures techniques de production. Les rendements de l'avoine augmentent également, même si cette culture se déplace vers les sols les moins fertiles.

TABLEAU 1 — Évolution des superficies, des rendements et de la production des céréales au Québec de 1976 à 1986

Espèce	Année										
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986[1]
Superficie (hectares)											
Blé	31 900	34 100	32 200	34 200	42 700	40 900	32 000	30 000	37 000	50 000	60 000
Avoine	225 400	190 000	181 300	180 000	164 900	150 100	163 000	170 000	165 000	150 000	125 000
Orge	18 900	21 600	28 700	39 900	65 600	106 000	121 000	132 000	135 000	155 000	195 000
Céréales mélangées	43 300	39 900	42 500	45 000	49 800	50 900	54 500	54 500	53 000	50 000	45 000
Maïs	59 900	75 000	88 000	125 500	154 000	165 500	175 400	182 000	220 000	245 000	260 000
Total	379 400	360 600	372 700	424 600	477 000	513 400	545 900	568 500	610 000	650 000	685 000
Rendement (tonnes métriques à l'hectare)											
Blé	1,89	2,07	2,76	2,93	2,92	2,92	2,91	2,73	3,24	3,60	3,08
Avoine	1,49	1,61	1,89	1,88	1,69	1,77	1,90	1,76	2,18	2,40	2,08
Orge	2,03	2,14	2,55	2,63	2,61	2,43	2,98	2,42	2,96	3,35	2,97
Céréales mélangées	2,19	2,03	2,55	2,58	2,58	2,56	2,64	2,39	2,83	3,20	2,67
Maïs	4,98	4,57	5,59	5,59	5,44	5,90	5,93	5,36	6,14	6,33	5,58
Production (milliers de tonnes métriques)											
Blé	60,2	70,7	88,8	100,3	124,8	119,5	93,0	82,0	120,0	180,0	185,0
Avoine	336,7	306,6	341,8	339,1	279,0	266,4	310,0	300,0	360,0	360,0	260,0
Orge	38,4	46,3	73,3	105,0	171,5	257,0	360,0	320,0	400,0	520,0	580,0
Céréales mélangées	94,8	81,1	108,3	115,9	128,6	130,1	144,0	130,0	150,0	160,0	120,0
Maïs	298,5	342,9	491,5	701,0	838,2	975,4	1 040,0	975,0	1 350,0	1 550,0	1450,0
Total	828,6	847,6	1103,7	1361,3	1542,1	1748,4	1 947,0	1 807,0	2 380,0	2 770,0	2595,0

Source : — Bureau de la statistique du Québec, Grandes cultures: superficie, rendement et production (1976 à 1985)
— Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Direction de la planification, août 1986

1 — Estimation par Statistiques Canada, 3 décembre 1986

Utilisation

La plus grande partie des céréales produites au Québec est vendue aux usines d'aliments pour le bétail. Une autre partie des céréales est transformée et utilisée directement à la ferme, ceci représente 15 % en 1984 et près de 30 % en 1986. Par ailleurs, jusqu'en 1985, le marché de l'alimentation humaine est à toute fin utile inexploité par les céréaliculteurs et les acheteurs du Québec. Cependant, en 1987, près de 100 000 tonnes de blé panifiable sont produites au Québec.

Alimentation animale

La demande de céréales pour l'alimentation animale est basée sur le prix du grain en relation avec sa valeur protéique et énergétique. En théorie, si les acheteurs suivent le système d'achat selon des mélanges de moulées à moindre coût, la situation est identique aux informations données au tableau 2. Cependant, la demande réelle est quelque peu différente car les producteurs utilisent, le cas échéant, les grains qu'ils produisent sans égard au prix du grain. De plus, les meuniers achètent à l'avance une partie de leurs besoins et font varier automatiquement le degré d'autosuffisance relié à un mélange à moindre coût.

Parmi les céréales, l'orge et le maïs sont les deux espèces privilégiées en production animale (TABLEAU 3).

L'orge et le maïs sont les céréales les plus recherchées en production porcine à cause de leur prix concurrentiel et de leur valeur nutritive élevée (énergie nette). L'orge roulée est également utilisée à la ferme pour l'alimentation des bovins laitiers. Dans l'industrie, elle est en concurrence directe avec le maïs-grain pour son rapport qualité/prix. La valeur de remplacement de l'orge est facilement calculée par les acheteurs qui doivent fabriquer des mélanges au moindre coût. Les besoins en orge se situent entre 800 000 et 1 100 000 tonnes annuellement au Québec et fluctuent selon le prix de l'orge et l'intensité de la production porcine.

Le blé est la troisième céréale la plus utilisée par le meunier même si elle possède une plus grande valeur nutritive (tant au point de vue protéique qu'énergétique) que les autres céréales incluant le maïs-grain dont la protéine brute se situe aux environs de 9 %. Le rapport qualité/prix n'avantage pas souvent le blé; lorsque le prix du blé dépasse celui du maïs de plus de 20 dollars la tonne, les acheteurs choisissent le maïs-grain, sauf pour la production de mélanges pour poules pondeuses: cet élevage exige un minimum de blé dans la ration.

Alimentation humaine

Le blé, l'orge et l'avoine peuvent être vendus pour l'alimentation humaine.

Le blé panifiable demeure le débouché le plus important là où le climat permet une maturité complète. Au Québec, les besoins de ce marché se situent à près de 450 000 tonnes annuellement. Le producteur aurait intérêt à s'intéresser à cette production même si elle est soumise à une forte concurrence. Ce marché requiert l'acquisition de nouvelles compétences pour la production, la manutention, le conditionnement et la conservation des grains.

D'autre part, le blé tendre farineux blanc communément appelé blé blanc d'automne, qui sert à la fabrication de gâteaux et de pâtisseries, peut aussi être un débouché intéressant. Les besoins annuels du Québec varient entre 60 000 et 80 000 tonnes, et les rendements sont supérieurs à ceux du blé de printemps.

La production d'autres types de blé, tel le blé dur ambré servant à la fabrication de pâtes alimentaires, sera possible si on obtient des cultivars spécifiques adaptés à nos conditions de croissance. Les cultivars actuels, développés pour les conditions plus sèches des Prairies, sont très sensibles, sous notre climat, aux maladies et à la germination sur épi.

Une partie de la récolte de 1986, environ 10 000 tonnes de blé, a servi à la fabrication de farine à pain. Une autre partie, 4 000 tonnes de blé, a été utilisée en mélange avec des blés de l'Ontario pour la production de farine à gâteaux et à pâtisseries. Par ailleurs, un volume important oscillant entre 15 000 et 20 000 tonnes de blé a été utilisé en 1986 pour des farines intermédiaires. En 1987, près de 100 000 tonnes de blé panifiable sont produites et 60 à 70 % sera vraisemblablement accepté par l'industrie.

Critères d'acceptation industrielle

Les critères de qualité du grain destiné à l'alimentation humaine sont sévères. Les tableaux 4 à 11 donnent les normes de qualité utilisées par l'industrie. Il peut être difficile de satisfaire ces critères lorsque la saison est trop humide entre la floraison et la maturité du grain. L'aspect sanitaire est également important et le nettoyage méticuleux des silos et des véhicules de transport devient obligatoire.

Les normes de l'industrie sont, en pratique, plus spécifiques que les normes de qualité utilisées par la Commission canadienne des grains pour fins de classification.

La gestion de l'entreposage des grains ne peut se faire au hasard. Des informations sur les mélanges permissibles sont présentées au tableau 8 ; noter que ce dernier est révisé annuellement.

TABLEAU 2 — **Degré d'autosuffisance théorique du Québec en alimentation animale**[1]

Année	Blé	Orge	Avoine	Maïs-grain	Total
1980	124,8	171,5	279,0	838,2	1413,5
1981	119,5	257,1	266,4	975,3	1618,3
1982	93,0	360,0	310,0	1040,0	1803,0
1983	82,0	320,0	300,0	975,0	1676,9
1984	120,0	400,0	360,0	1350,0	2230,0
1985	180,0	520,0	360,0	1550,0	2605,0
1980	530,8	395,1	112,3	2039,2	3077,4
1981	31,9	780,5	107,1	2198,7	3118,2
1982	419,7	423,0	—	2232,6	3075,3
1983	143,0	1478,3	112,1	1153,0	2886,4
1984	14,1	1567,2	102,2	1353,7	3037,2
1985	134,9	1489,7	107,0	1372,5	3104,0
1980	24	43	248	41	46
1981	375	33	249	44	52
1982	22	85	—	47	59
1983	57	22	268	85	58
1984	852	26	352	100	73
1985	130	35	336	113	84

Source Régie des Grains du Québec

1 — Demande estimée selon des formules de moulées aux moindres coûts par rapport à la production exprimée en pourcentage. Les céréales mélangées n'ont pas été incluses.

2 — Demande estimée selon des formules de moulées aux moindres coûts.

TABLEAU 3 — **Principales utilisations des céréales en alimentation animale[1] (et, entre parenthèses, utilisation potentielle)[2]**

Élevage	Céréale					
	Blé	Triticale[3]	Orge	Avoine entière	Avoine nue ou écalée	Maïs grain
Porcelet	xx (xxxx)	x (xxx)	xx (xxx)	x (x)	xx (xxxx)	xxx (xxxx)
Porc en finition	xx (xxxx)	x (xxx)	xxx (xxx)	x (xx)	x (xxxx)	xxx (xxxx)
Truie	xx (xxxx)	x (xx)	xx (xxx)	xx (xxx)	x (xxxx)	xxx (xxxx)
Bovin laitier	xx (xxxx)	x (xxxx)	xxx (xxxx)	xxx (xxx)	x (xxxx)	xxx (xxxx)
Bovin de boucherie	xx (xxxx)	x (xxxx)	xx (xxxx)	xx (xx)	x (xxxx)	xxxx (xxxx)
Tous	xx (xxxx)	— (—)	xx (xxxx)	xxx (xxx)	x (xxxx)	xxx (xxxx)
Poulet à chair	xx (xxxx)	x (xxx)	x (xx)	x (x)	x (xx)	xxxx (xxxx)
Poulette d'élevage	xx (xxxx)	x (xxx)	xx (xxx)	xx (xx)	x (xxx)	xxx (xxxx)
Pondeuse	xxx (xxxx)	x (xxx)	xx (xx)	xx (xx)	x (xxx)	xxx (xxxx)
Dinde à chair	xx (xxxx)	— (—)	xx (xx)	x (x)	x (xx)	xxxx (xxxx)
Dinde de reproduction	xx (xxxx)	— (—)	xx (xxx)	x (x)	x (xxx)	xxxx (xxxx)

Source : – Paul Flipot, Agriculture Canada, Lennoxville
– Vern Burrows, Agriculture Canada, Ottawa
– Tony Hunt, University of Guelph, Ontario
– Pour des informations détaillées sur l'utilisation optimale, consulter les guides du conseil des Productions animales du Québec (CPAQ)

1 — xxxx Rations à plus de 50 %
xxx Rations de 21 à 50 %
xx Rations de 6 à 20 %
x Quantités de 5 % ou moins
— Aucune information disponible

2 — Les utilisations potentielles sont basées sur la biologie de l'animal, sans égard au prix relatif des grains.

3 — Informations récentes et de nature préliminaire; certains cultivars sont plutôt équivalents au blé.

TABLEAU 4 — **Critères d'acceptation industrielle du blé roux de printemps pour l'alimentation humaine en 1986[1]**

Classe	Poids spécifique (kg/hl)	Humidité relative maximale (%)	Protéine (%)	Minimum de grains vitreux (%)	Grain germé (%)	Indice minimal de chute de Hagberg (seconde)
No 1 E.C.	75	14	12,5 — 14,5	65	0,5	260
No 2 E.C.	72	14	12,5 — 14,5	35	1,5	260
No 3 E.C.	69	14	12,5 — 14,5	0	5,0	260

Sources : Commission canadienne des grains et industrie

1 — Autres conditions: les grains doivent être de qualité boulangère, propres, sains, uniformes pour la maturité et la protéine. Les classes No 1 E.C. et No 2 E.C. sont préférées. Un échantillon représentatif est exigé pour fins d'analyse par la minoterie avant la livraison. À la livraison, avant le déchargement, les analyses pour la teneur en eau et en protéine sont effectuées. De plus, l'indice de chute (Hagberg falling number) est mesuré sur un échantillon de pâte (farine + eau) de ce lot de blé. La période de livraison d'un contrat est de 24 heures. Les contrats sont en unités de 1000 tonnes métriques, entre le centre régional et la minoterie.

TABLEAU 5 — **Critères d'acceptation industrielle du blé roux d'automne pour l'alimentation humaine en 1986[1]**

Classe	Poids spécifique (kg/hl)	Humidité relative maximale (%)	Protéine (%)	Indice minimal de de chute de Hagberg (seconde)
No 1 E.C.	76	14	12 et plus	260
No 2 E.C.	74	14	12 et plus	260
No 3 E.C.	71	14	12 et plus	260
No 4 E.C.	66	14	12 et plus	260

Sources : Commission canadienne des grains et industrie

1 — Autres conditions: les grains doivent être de qualité boulangères, propres, sains, uniformes pour la maturité et la protéine. L'industrie préfère acheter les classes No 1 E.C. et No 2 E.C. Un échantillon représentatif est exigé avant la livraison pour fins d'analyse. À la livraison, avant le déchargement, les analyses pour la teneur en eau et en protéine sont effectuées. De plus, l'indice de chute (Hagberg) est mesuré sur un échantillon de pâte (farine + eau) de ce lot de blé. La période de livraison d'un contrat est de 24 heures. Les contrats sont en unités de 1000 tonnes métriques, entre le centre régional et la minoterie.

TABLEAU 6 — **Critères d'acceptation industrielle du blé blanc d'automne pour l'alimentation humaine en 1986[1]**

Classe	Poids spécifique (kg/hl)	Humidité relative maximale (%)	Protéine (%)	Grain germé (%)	Indice minimal de chute de de Hagberg (seconde)
No 1 E.C.	76	14	8,5 — 10,0	1	260
No 2 E.C.	74	14	8,5 — 10,0	2	260
No 3 E.C.	71	14	8,5 — 10,0	3	260

Sources : Commission canadienne des grains et industrie

1 — Autres conditions : les grains doivent être de qualité pâtissière, propres, sains, uniformes pour la maturité et la protéine. Les classes No 1 E.C. et No 2 E.C. sont préférées. Le lot doit subir avec succès l'échantillonnage et les analyses préalables de la qualité avant d'être accepté.

TABLEAU 7 — **Critères d'acceptation industrielle du blé dur ambré pour l'alimentation humaine**[1]

Classe[2]	Poids spécifique (kg/h1)	Humidité relative maximale (%)	Protéine (%)	Minimum de grains vitreux (%)	Indice minimal de chute de Hagberg (seconde)
No 1 O.C.	80	14	13,5 — 14,5	80	260
No 2 O.C.	78	14	13,5 — 14,5	60	260
No 3 O.C.	76	14	13,5 — 14,5	40	260
No 4 O.C.	71	14	13,5 — 14,5		260
No 5 O.C.		14	13,5 — 14,5		260

Sources : Commission canadienne des grains et industrie

1 — La culture de cette espèce n'est pas encore implantée au Québec. Les critères de qualité sont en fonction des semoules et des pâtes alimentaires.

2 — Les classes No 1 O.C. et No 2 O.C. sont préférées par l'industrie.

TABLEAU 8 — **Mélanges de blé acceptables par catégories d'utilisation industrielle**

Catégorie d'utilisation	Cultivar[1]
Blé roux de printemps panifiable	**Columbus**, Sinton, Neepawa, Benito, Katepwa, Selkirk, Leader, Lancer, Roblin
Blé roux de printemps relativement panifiable	Max (l'entreposer seul)
Blé roux de printemps 3M ou utilité, utilisé en mélange pour l'extraction du gluten	Glenlea, Wildcat
Blé roux de printemps ou pourpre non panifiable (farines diverses et liants industriels)	**Ankra, Mondor, Casavant, Opal**, Dundas, **Concorde**, Vernon, **Milton, Laval 19**
Blé roux d'automne panifiable (pain baguette et autres)	Norstar, Monopol, Absolvent
Blé roux d'automne non panifiable	**Lennox**, Borden, **Valor**
Blé blanc d'automne (farine à gâteaux et à pâtisserie)	Fredrick, Favor, Augusta, Yorkstar, Frankenmuth, Gordon, Houser, Harus
Blé dur ambré (pâtes alimentaires)	Wascana, Wakooma, Coulter, Kyle, Medora, Arcola

1 — Plusieurs de ces cultivars ne sont pas recommandés par le CPVQ, mais les informations sont incluses afin d'éviter des mélanges préjudiciables au développement du marché de l'alimentation humaine. **Les cultivars recommandés par le CPVQ en 1988 sont en caractères gras.**

TABLEAU 9 — **Critères d'acceptation industrielle de l'orge de malterie pour l'alimentation humaine en 1986[1]**

Classe	Poids spécifique (kg/hl)	Humidité relative maximale (%)	Protéine (%)	Minimum de grains vitreux (%)	Grain germé et ergot (%)	Pouvoir germinatif minimal (%)
Spécial Sélect E.C. 2 rangs	63	14,8	11,0 — 12,5	5	Aucun	95
Spécial Sélect E.C. 6 rangs	62	14,8	11,0 — 12,5	5	Aucun	95
Sélect E.C. 2 rangs	61 (62)[2]	14,8	11,0 — 12,5	5	Aucun	95
Sélect E.C. 6 rangs	60	14,8	11,0 — 12,5	5	Aucun	95

Sources Commission canadienne des grains et industrie

1 — Autres conditions : Cultivars à 6 rangs, Bonanza et Argyle ; cultivar à 2 rangs, Harrington.
Aucun grain chauffé. Grains viables, brillants, sains, avec très peu de taches. Aucune trace d'insectes ou de dommages d'insectes. Nettoyage avant la livraison pour laisser moins de 4 % de matières étrangères. Aucun grain séché artificiellement n'est accepté. Pénalité pour humidité relative de 14,9 à 15,3 ; rejet à partir de 15,4. Un échantillon de 2,5 kilogrammes est exigé par Canada Maltage pour analyse préalable ; le personnel de Canada Maltage est seul et unique juge de la qualité de l'échantillon et des envois. Ces critères sont tous sujets à modification, selon les besoins de l'industrie.

2 — Bien que la Commission canadienne accepte 61, l'industrie exige 62.

TABLEAU 10 — **Critères d'acceptation industrielle de l'avoine vêtue pour l'alimentation humaine en 1986[1]**

Classe	Poids spécifique (kg/hl)	Humidité relative maximale (%)	Grain taché (%)	Amandes noircies (%)
No 1 E.C.	50	14	0,1	0,1
No 2 E.C.	47	14	0,1	0,1
No 3 E.C.	44	14	0,1	0,1
No 4 E.C.	41	14	0,1	0,1

Sources Commission canadienne des grains et industrie

1 — Classes No 1 E.C. à No 4 E.C. sont préférées et le prix est en fonction de la qualité. Le grain doit être très propre, presque totalement exempt de matières étrangères, uniforme pour la maturité. Une amande blanche et sans tache est une exigence fondamentale. Un pourcentage d'écales élevé est peu apprécié. Une propreté rigoureuse est exigée non seulement pour le grain, mais aussi pour les véhicules de transport. Une humidité relative de 13 % est préférée. Un champ versé ne peut fournir la qualité requise. Le grain doit être nettoyé et criblé avant et après la mise en silo. Un échantillon représentatif est exigé avant la livraison et à la livraison. L'acheteur est seul juge de la qualité

2 — En pratique, la plupart des cultivars sont acceptés. Cependant, les cultivars suivants sont mieux acceptés : Manic, Kamouraska, OAC Woodstock, Laurent et Shaw

Classification

Il existe plusieurs systèmes de classification des céréales dont la classification botanique (TABLEAU 11 et FIGURES 1 et 2)), la classification suivant la terminologie commerciale (TABLEAU 12) et les classifications suivant les lois et règlements du Canada et du Québec (TABLEAUX 13 et 14). Il est nécessaire d'adopter une terminologie uniforme pour décrire les céréales au Québec. Comme certaines traductions, même officielles, sont souvent erronées, nous avons introduit l'équivalent anglais de certains termes (TABLEAUX 11 et 12).

TABLEAU 11 — **Désignation des espèces de céréales à paille**

Nom français	Nom scientifique	Nom anglais
Avoine	*Avena sativa*	Oats
Blé tendre	*Triticum aestivum*	Common wheat
Orge à 2 rangs	*Hordeum vulgare* (ssp. *distichon*)	Two-row barley
Seigle	*Secale cereale*	Rye

TABLEAU 12 — **Terminologie basée sur les caractères distinctifs du grain, couramment utilisée pour la commercialisation**

Appellation française	Appellation anglaise	Usage courant
Farineux blanc	soft white	Alimentation humaine (biscuit, gâteau) et animale
Vitreux roux	hard red[1]	Alimentation humaine (pains) et animale
Pourpre	purple	Alimentation animale
Ambré	amber durum	Pâtes alimentaires
À aleurone blanche	white aleurone	Alimentation animale
À aleurone bleue	blue aleurone	Alimentation humaine (bière)
Vêtue	oats, common oats	Alimentation animale et humaine
Nue	naked oats, hull-less oats	Alimentation animale (porcs)

1 — Il est erroné de traduire « hard red wheat » par « blé dur rouge ». On devrait plutôt dire : blé roux.

Classification des cultivars suivant leur potentiel génétique de qualité

Au moment de son inscription au catalogue canadien, chaque cultivar est placé dans une classe de qualité suivant son potentiel génétique de qualité et suivant d'autres critères traditionnels canadiens.

Par exemple, on exige pour une orge à potentiel brassicole une aleurone bleue, et pour une orge fourragère, une aleurone blanche, ceci afin de faciliter l'identification, la manutention et la commercialisation. C'est un règlement imposé par la loi afin de répondre aux besoins du marché.

Pour les mêmes raisons, un nouveau cultivar de blé est catalogué comme « vitreux roux », « utilité », « 3M », « farineux blanc », ou « fourrager » selon des critères assez complexes.

Le cultivar « vitreux roux » doit posséder une bonne valeur pour la panification. Il doit avoir un grain de même forme, même couleur rousse, même dureté que le cultivar Marquis ainsi qu'une série de qualités de la farine, de la pâte et du pain. À tous ces égards, ce cultivar doit ressembler à Marquis, et fournir une teneur en protéines d'environ 14 % pour la moyenne des années.

La catégorie « utilité » a été créée pour le cultivar Glenlea, qui associe à un gros grain roux facilement identifiable une dureté et une teneur en protéines un peu inférieures à celles du cultivar Marquis avec une valeur moyenne pour la panification, sauf que le gluten est beaucoup trop fort pour qu'on puisse l'utiliser à l'état pur.

La catégorie « 3M » est une toute nouvelle catégorie où l'on veut inclure des blés à haut rendement, de couleur encore indéterminée, avec une forme de grain semblable à celle de Pitic 62 et des qualités intermédiaires. Ces blés sont moyennement vitreux, moyennement riches en protéines (11 à 14 %), avec une force de gluten intermédiaire entre les blés panifiables faibles (Kharkov) et les blés panifiables trop forts (Glenlea). Il existerait un marché pour des « 3M » blancs, mais ces derniers ont une tendance malencontreuse à germer sur l'épi, alors que les blés roux ont une meilleure dormance.

Il est virtuellement impossible de faire un parallèle entre le système de classification canadien et ceux des autres pays, car les normes canadiennes sont très strictes et totalement associées à une forme de grain facilement identifiable à l'oeil. Nos blés de printemps « vitreux roux » panifiable ressemblent un peu aux blés « améliorants » européens en termes de qualité de farine, mais les Européens n'attachent pas autant d'importance à la forme et à l'apparence visuelle du grain. Leur mise en marché est basé sur la teneur en protéines du grain récolté ainsi que sur la preuve de l'identité du cultivar, qui est mieux payé s'il est classé améliorant.

Classification légale

Les lois et règlements sur les grains subdivisent les classes selon le poids à l'hectolitre, la pureté, la qualité et la propreté du grain (TABLEAUX 13 et 14).

Dans les provinces de l'Ouest, il est assez facile de distinguer visuellement les blés panifiables catalogués « vitreux roux » des autres types de blé, parce que les blés fourragers qui ressemblent trop aux types panifiables ne sont jamais acceptés au catalogue pour l'Ouest. Cet énoncé reste vrai en autant que les agriculteurs d'une région respectent la règle en question. Au Québec, la présence importante de blés fourragers visuellement semblables aux blés « vitreux roux » rend la classification visuelle impossible ; c'est pourquoi on exige l'identité du cultivar.

Dans la pratique, l'industrie s'est donc inspirée des normes légales, mais en ajoutant ses propres conditions, comme on l'a vu aux tableaux 4 à 9. La classification légale est généralement impliquée dans les contrats d'exportation de grains canadiens. Dans ce cas également, l'acheteur impose ses conditions supplémentaires.

Contrairement au blé et à l'orge, la classification de l'avoine pour l'alimentation humaine ne dépend pas seulement des classes du tableau 14, mais aussi des normes établies par l'acheteur. Le classement dépend de critères visuels, à condition que le poids à l'hectolitre dépasse un minimum de 42,5 kilogrammes. Le prix établi selon le poids à l'hectolitre favorise les avoines pesant plus de 47,4 kilogrammes à l'hectolitre avec une teneur en eau de 14 % ou moins, mais de préférence 13 %. Un grain parfaitement propre, avec une amande blanche et sans tache est exigé. Un cultivar à paille faible est à proscrire car la verse ruine la qualité du grain en faisant noircir les amandes. Le pourcentage d'écale du cultivar peut influencer la décision de l'acheteur; ce critère pourrait éventuellement remplacer le poids à l'hectolitre comme principale norme pour établir le prix. Une propreté rigoureuse est exigée non seulement pour le grain, mais aussi pour les véhicules de transport.

TABLEAU 13 — **Résumé des normes légales de classification du blé de printemps**

Catégorie	Classe[1]	Qualité	Poids spécifique minimal (kg/hl)	Pourcentage minimal de grains vitreux durs	Présence de grains abîmés[2]	Pourcentage maximal de matières étrangères			
						Autres que du blé		Blé d'autres catégories	
						Autres céréales	Autres matières	Blé contrastant	Total
Vitreux Roux de printemps	No 1 Est canadien	Type Marquis panifiable	75	65	Presque aucun	0,75	Presque exempt	1	3
	No 2 Est canadien	Type Marquis panifiable	72	35	Très peu	1,5	Raisonnablement exempt	3	6
	No 3 Est canadien	Assez bonne qualité meunière	69	—	Présence	3,5	Raisonnablement exempt	5	10
Utilité	No 1 Canadien	Type «Glenlea»	74	—	Presque aucun	2	Presque exempt	3	10
	No 2 Canadien	Type «Glenlea»	69	—	Présence observable	4	Raisonnablement exempt	5	20
Fourrager	Québécois 1	Tout cultivar	74	—	Très peu	2	Presque exempt	3	10
	Québécois 2	Tout cultivar	69	—	Présence observable	4	Raisonnablement exempt	5	20
	Québécois 3	Tout cultivar	66	—	Peut contenir jusqu'à 10 % de grains chauffés, mais de goût acceptable	10	—	—	—

Source : Règlement sur les grains, décret 1082-83, (1983) G.O.2, p. 4159 (Québec)

1 — Lors d'un classement officiel, des facteurs additionnels sont utilisés. Entre autres, on exige d'identifier le cultivar.

2 — Grains cassés, blanchis, mal mûris, endommagés par le gel ou autrement

TABLEAU 14 — **Résumé des normes légales de classification de l'orge fourragère et de l'avoine**

Catégorie	Classe	Poids spécifique minimal (kg/hl)	Limite maximale de matières étrangères (%)
Orge fourragère	No 1	59	4
	No 2	55	10
	No 3	—	15
Avoine[1]	No 1 Est can.	50	3
	No 2 Est can.	47	6
	No 3 Est can.	44	12
	No 4 Est can.	41	20

Source : Règlement sur les grains, Québec, (1983)

1 — Pour l'avoine, la classe No 1 Ouest canadien, à 47 kg/hl, équivaut à la classe No 2 de l'Est. La classe No 1 de l'Est est de qualité supérieure à la classe No 1 de l'Ouest.

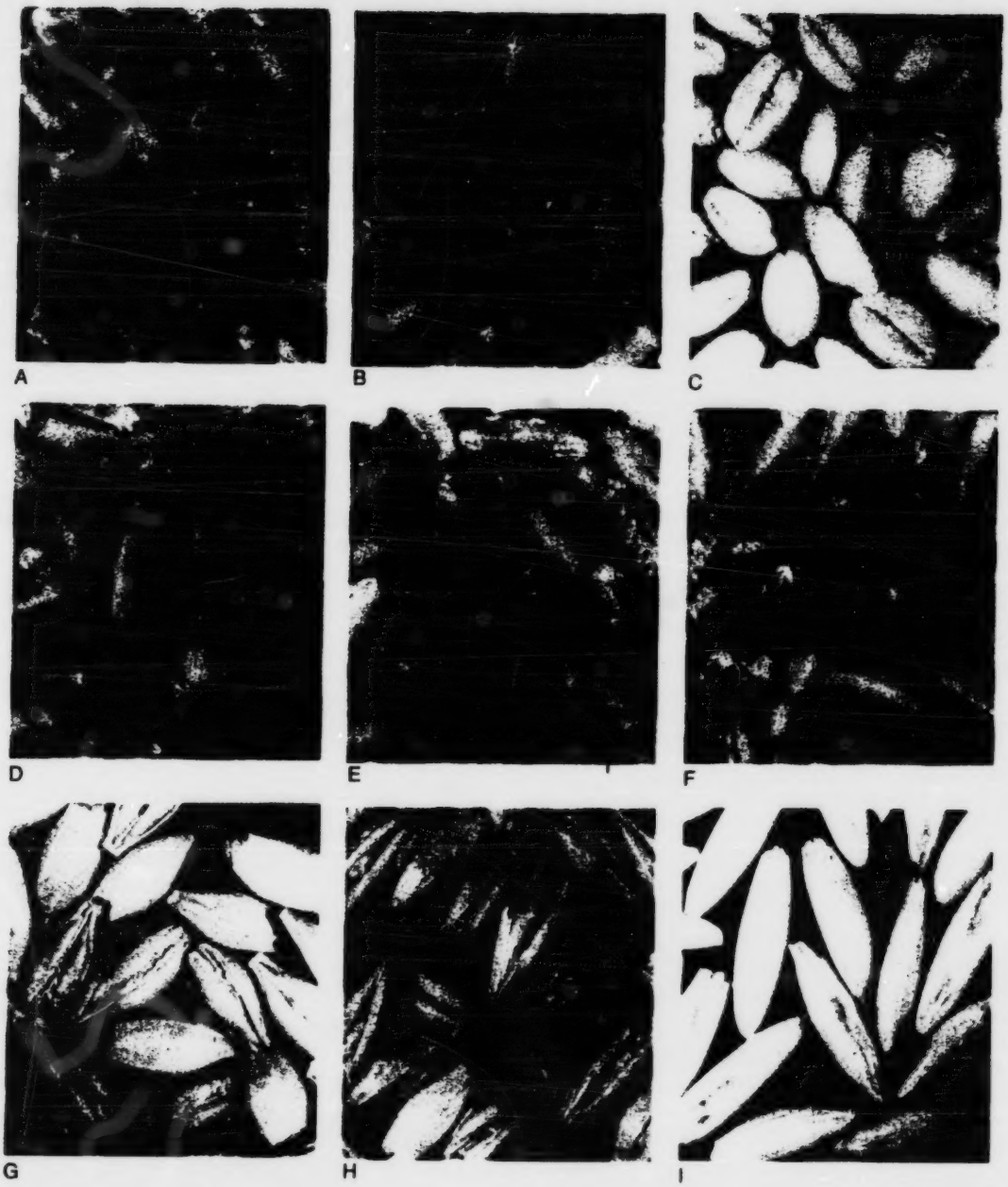


FIGURE 1 — **Grains de céréales**

A — blé tendre vitreux roux (fourrager) ; B — blé tendre vitreux roux (panifiable) ; C — blé tendre farineux blanc ; D — blé dur ; E — triticale ; F — seigle ; G — orge à deux rangs ; H — orge à six rangs ; F — avoine

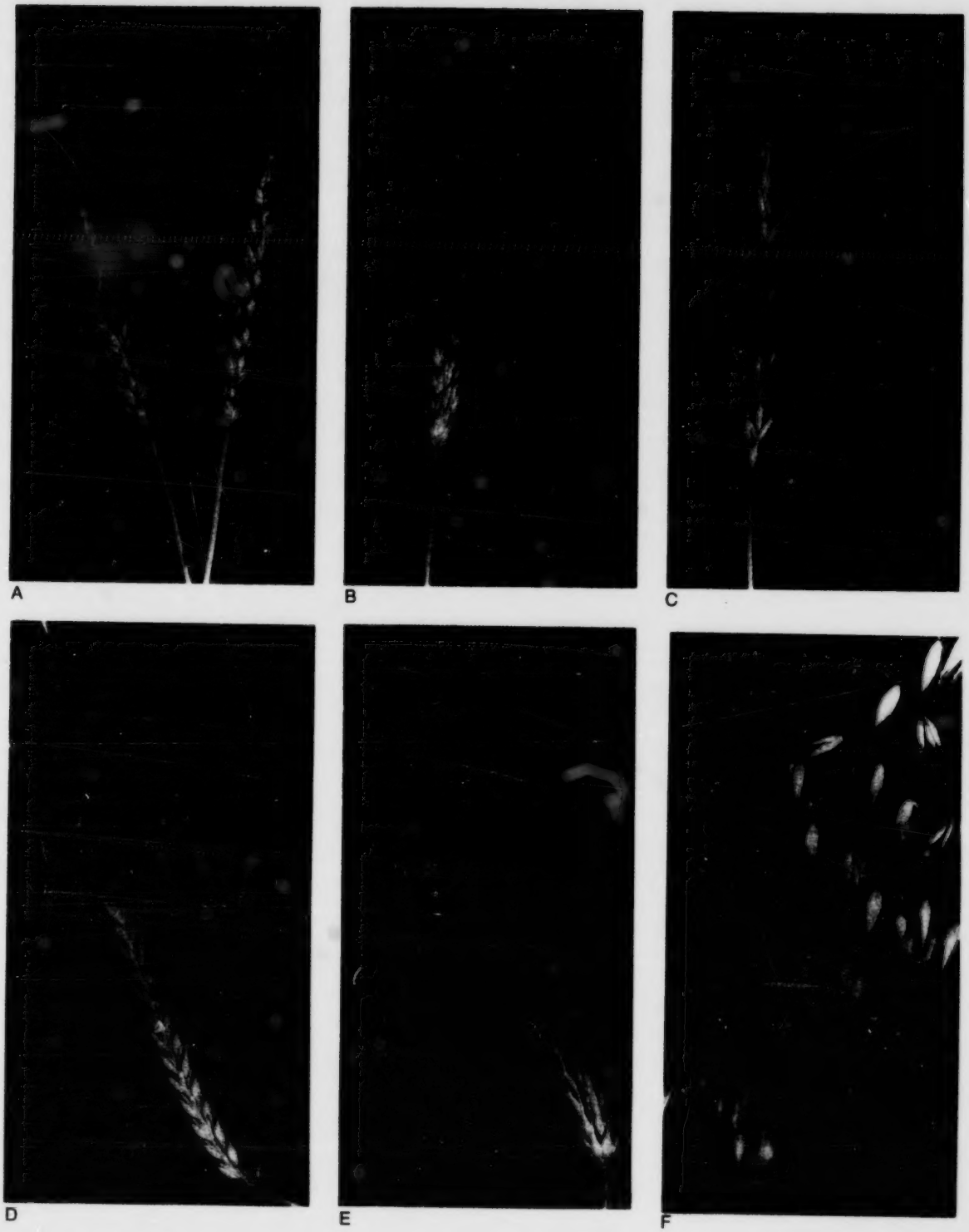


FIGURE 2 — **Épis de céréales**

A — blé tendre : à gauche, barbu, à droite : mutique ou sans barbes ; B — blé dur ; C — triticale ; D — orge à deux rangs ; E — orge à six rangs ; F — avoine (vêtue)

DÉVELOPPEMENT ET PHYSIOLOGIE

Période végétative

Période reproductrice

Période des grains

André Amyot, André Comeau, Denis Bastien et Jean-Pierre Dubuc

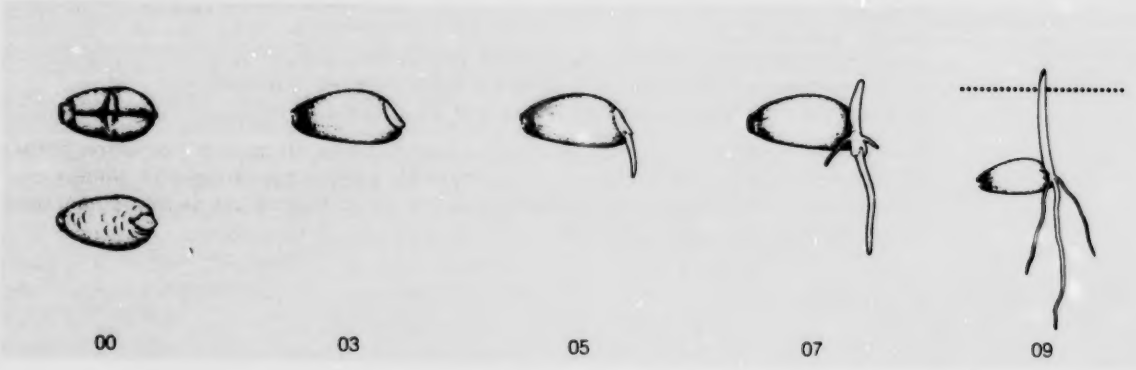
Le rendement dépend de trois facteurs principaux appelés composantes du rendement :
— Le nombre d'épis par unité de surface
— Le nombre de grains par épi
— Le poids de mille grains

Chacune de ces composantes du rendement est élaborée à une période différente dans la vie de la céréale :
— Le nombre d'épis, pendant la période végétative
— Le nombre de grains par épi, pendant la période reproductrice
— Le poids des grains, pendant la période des grains

De bonnes conditions aux moments où se font la levée, le tallage, l'initiation florale (début montaison), la fécondation (floraison) et le remplissage des grains (pâteux dur) permettent de maximiser le rendement : chacune des composantes du rendement peut alors exprimer son plein potentiel.

FIGURE 3 — **Stades de développement des céréales sur l'échelle de Zadoks[1]**
« On considère qu'un stade de développement est atteint quand au moins 50 % des plantes est à ce stade »

Période végétative

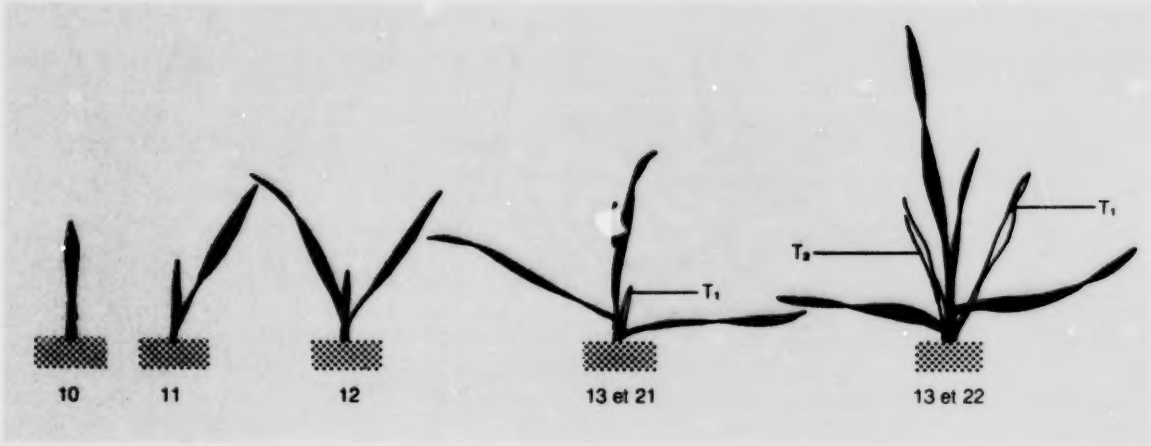


0 GERMINATION
- 00 Graine sèche
- 01 Début de l'imbibition d'eau
- 02 —
- 03 Imbibition complète
- 04 —
- 05 Sortie de la racine
- 06 —
- 07 Sortie du coléoptile
- 08 —
- 09 Première feuille juste au sommet du coléoptile

1 — Traduit et adapté par L. Couture et A. Comeau. Les stades principaux sont numérotés de 0 à 9 et les stades secondaires de 00 à 99.

FIGURE 3 — **Stades de développement des céréales selon l'échelle de Zadoks (suite)**

Période végétative

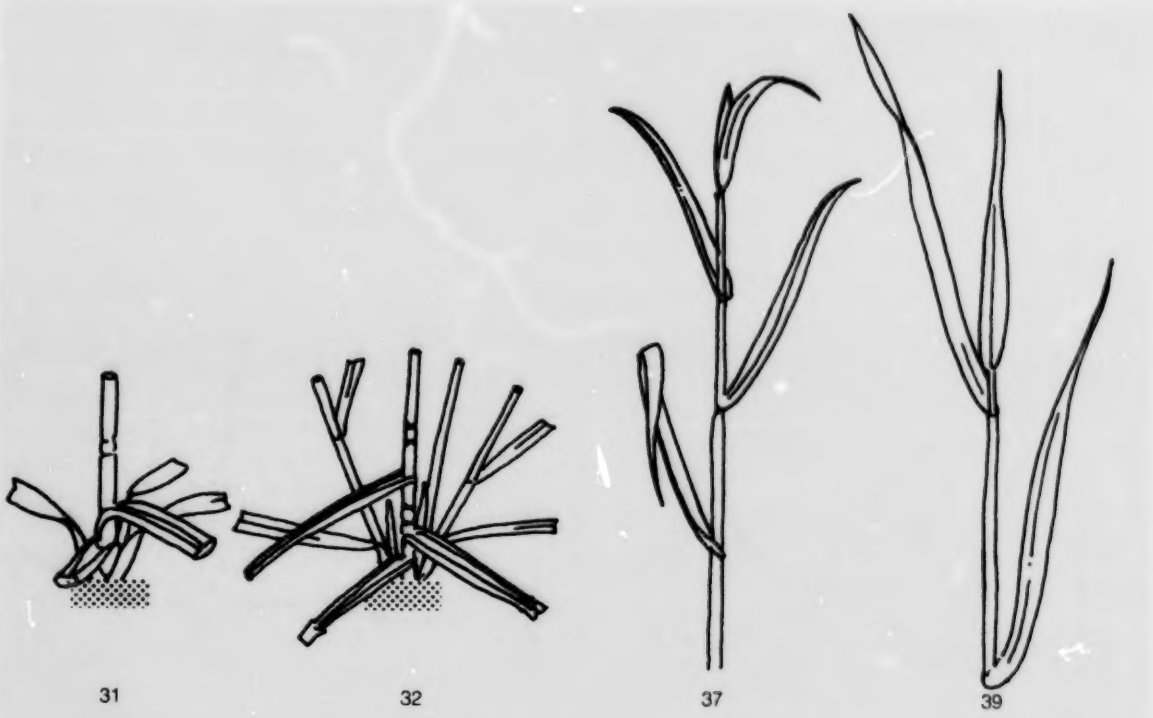


1 CROISSANCE DE LA PLANTULE
- 10 Première feuille dégagée du coléoptile
- 11 Première feuille étalée
- 12 Deux feuilles étalées
- 13 Trois feuilles étalées
- 14 Quatre feuilles étalées
- 15 Cinq feuilles étalées
- 16 Six feuilles étalées
- 17 Sept feuilles étalées
- 18 Huit feuilles étalées
- 19 Neuf feuilles étalées

2 TALLAGE
- 20 Tige principale (maître-brin) seule
- 21 Tige principale et une talle
- 22 Tige principale et deux talles
- 23 Tige principale et trois talles
- 24 Tige principale et quatre talles
- 25 Tige principale et cinq talles
- 26 Tige principale et six talles
- 27 Tige principale et sept talles
- 28 Tige principale et huit talles
- 29 Tige principale et neuf talles ou plus

FIGURE 3 — **Stades de développement des céréales selon l'échelle de Zadoks (suite)**

Période reproductrice



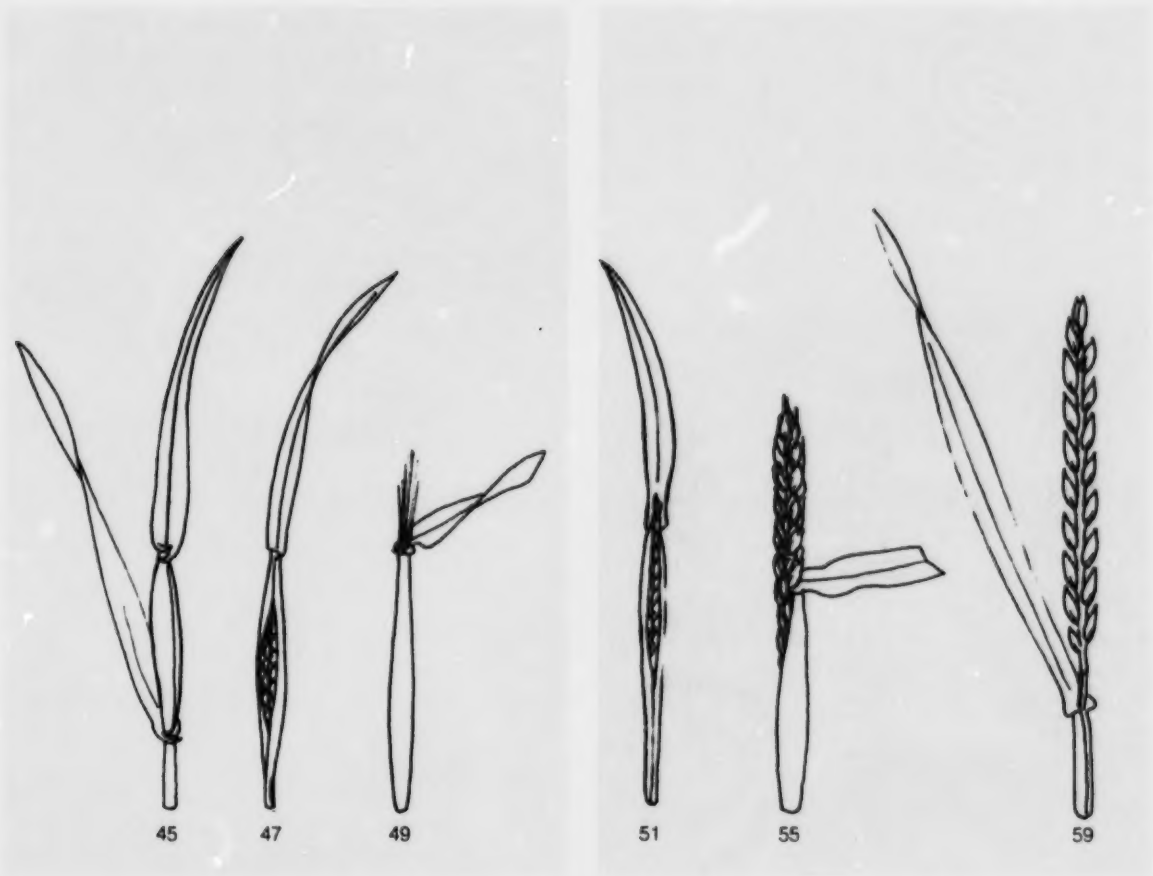
3 ALLONGEMENT DE LA TIGE (MONTAISON)
- 30 Redressement[2]
- 31 Premier noeud décelable[3]
- 32 Deuxième noeud décelable
- 33 Troisième noeud décelable
- 34 Quatrième noeud décelable
- 35 Cinquième noeud décelable
- 36 Sixième noeud décelable
- 37 Dernière feuille tout juste visible
- 38 —
- 39 Ligule ou col de la dernière feuille tout juste visible

2 — Redressement de la pseudo-tige (gaines imbriquées) ; ce stade s'applique seulement aux cultivars dont le port est étalé ou semi-étalé aux stades antérieurs.

3 — À ce stade, l'ébauche de l'épi est à un centimètre du plateau de tallage, (voir figure 6).

FIGURE 3 — **Stades de développement des céréales selon l'échelle de Zadoks (suite)**

Période reproductrice



4 GONFLEMENT
- 40 —
- 41 Allongement de la gaine de la dernière feuille
- 42 —
- 43 Début de gonflement visible
- 44 —
- 45 Gonflement avancé, inflorescence non visible
- 46 —
- 47 Ouverture de la gaine de la feuille étendard
- 48 —
- 49 Barbes visibles (cultivars barbus)

5 ÉPIAISON
- 50 50 % des plantes a le premier épillet visible
- 51 Premier épillet visible
- 52 50 % des plantes a l'inflorescence sortie au quart
- 53 L'inflorescence est sortie au quart
- 54 50 % des plantes a l'inflorescence sortie à la moitié
- 55 L'inflorescence est sortie à la moitié
- 56 50 % des plantes a l'inflorescence sortie aux trois-quarts
- 57 L'inflorescence est sortie aux trois-quarts
- 58 50 % des plantes a l'inflorescence complètement dégagée
- 59 Inflorescence complètement dégagée

FIGURE 3 — **Stades de développement des céréales selon l'échelle de Zadoks (suite)**

Période reproductrice	Période des grains

6 FLORAISON
(L'orge fleurit généralement dans la gaine)
60 50 % des plantes commence à fleurir
61 Début de la floraison
62 —
63 —
64 50 % des plantes à mi-floraison
65 Mi-floraison (la moitié des étamines encore immatures)
66 —
67 —
68 Floraison terminée chez 50 % des plantes
69 Floraison terminée

7 STADE LAITEUX
70 —
71 Grain aqueux
72 —
73 Début laiteux
74 —
75 Mi-laiteux
76 —
77 Fin laiteux (liquide épais, collant)
78 —
79 —

FIGURE 3 — **Stades de développement des céréales selon l'échelle de Zadoks (suite)**

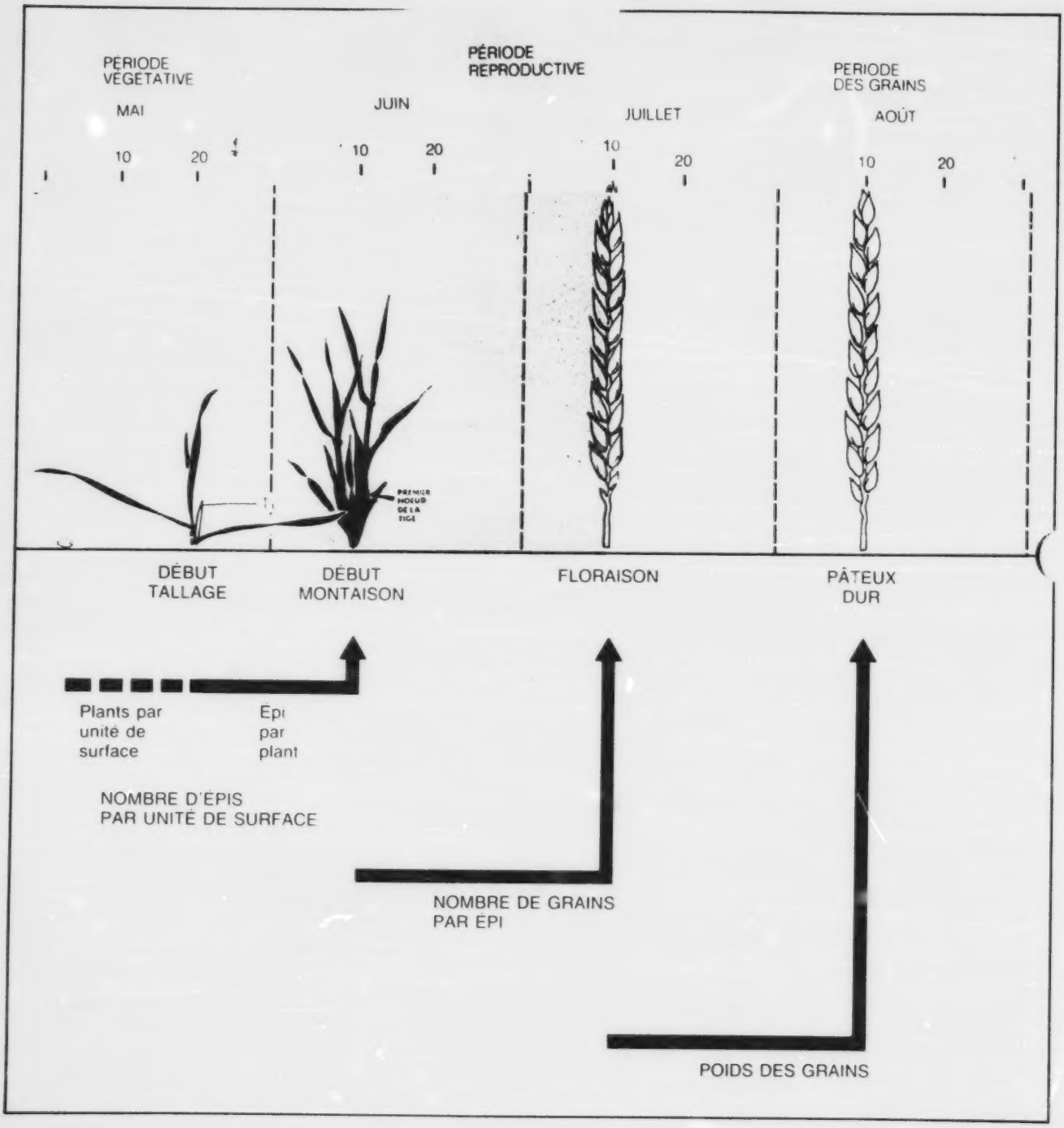
Période des grains

8 STADE PÂTEUX
- 80 —
- 81 —
- 82 —
- 83 Début pâteux
- 84 —
- 85 Pâteux mou (la marque de l'ongle ne tient pas)
- 86 —
- 87 Pâteux dur (la marque de l'ongle persiste)
- 88 —
- 89 —

9 MATURATION
- 90 —
- 91 Grain dur, difficile à couper à l'ongle
- 92 Grain dur, ne peut être entamé par l'ongle
- 93 Risque d'égrenage au milieu de la journée
- 94 Grain surmature, paille morte, entrenoeuds ratatinés
- 95 Graines dormantes
- 96 Graines viables germant à 50 %
- 97 Graines viables non dormantes
- 98 Induction de la dormance secondaire
- 99 Levée de la dormance secondaire

Traduit et adapté par Couture L. et Comeau A.
D'après Tootman D.R. et Makepeace R.J.
Ann. appl. Biol. 1979

FIGURE 4 **Le développement du blé et l'élaboration du rendement.**
Les dates utilisées ne le sont qu'à titre de repères ; en fait, ces dates varient en fonction de la date de semis et de la région



Période végétative

Au cours de la période végétative, la céréale développe des racines, des feuilles et des talles herbacées. Cette période peut être divisée en trois phases :
— germination et levée
— pré-tallage
— tallage

Germination et levée

Le déclenchement de la germination nécessite la présence simultanée d'eau et d'oxygène. Le grain germe lorsqu'il contient de 35 à 40 % d'eau. À partir du moment où la première radicule déchire l'enveloppe du grain, le phénomène est irréversible et la déshydratation est mortelle.

Suite au semis, certains stress tels que le froid, la chaleur ou une imbibition trop brève peuvent induire le phénomène de dormance secondaire (Zadoks 98) qui rend temporairement le grain inapte à germer.

Au champ, le premier signe de levée, observable avant l'apparition des premières feuilles, est la perforation du sol par un manchon protecteur appelé coléoptile. Le coléoptile n'a pas de chlorophylle ; il se dessèche et tombe après la germination. À ce stade, la plante nécessite une température minimale de 3 à 5°C, une humidité élevée, une bonne oxygénation et un pH de surface adéquat. Ces conditions sont généralement optimales à une profondeur de deux à trois centimètres.

Un semis trop profond dans un sol mal préparé est souvent la cause principale d'une mauvaise levée des céréales. Cette erreur induit chez la plante la production d'un long rhizome, portion fine de la tige située entre la semence et le plateau de tallage (FIGURE 5). En général, l'allongement du rhizome retarde le cycle végétatif et entraîne des baisses de rendement. La longueur idéale du rhizome est de zéro à un centimètre.

L'orge est résistante à la sécheresse à partir du stade de tallage mais elle est sensible au manque d'humidité pendant la levée. Elle germe plus rapidement que les autres espèces de céréales dans un sol modérément sec mais, par la suite, le grain ayant développer de courtes racines, peut mourir si la sécheresse s'aggrave.

Les gelées printanières retardent la levée sans détruire les plantules qui sont très résistantes au froid. Par contre, le manque d'oxygène peut tuer les plantules ou les endommager sérieusement. Un semis trop profond ou une eau stagnante sur un sol mal drainé occasionnent une telle asphyxie.

Pré-tallage

La plantule, lorsqu'elle n'a qu'une seule feuille, se nourrit des réserves de la graine. Ces réserves s'épuisent rapidement et, au stade deux feuilles, les produits de la photosynthèse commencent à combler le déficit en éléments nutritifs. C'est à ce moment qu'il faut appliquer l'azote ; déjà, le rythme de croissance s'accélère si bien qu'au stade trois feuilles, la plante vit en majeure partie des éléments minéraux du sol et de la photosynthèse. À ce stade, les stress les plus souvent observés sont provoqués par l'acidité du sol, le mauvais drainage ou le déficit en eau. C'est le temps idéal pour l'application des herbicides car le feuillage de la céréale, peu développé, absorbe moins d'herbicide et laisse à découvert les jeunes plantules de mauvaises herbes qui sont encore à leur maximum de sensibilité.

Le plateau de tallage se développe également à ce stade, dans une zone située juste sous la surface du sol. Toutes les feuilles et toutes les tiges originent du plateau de tallage. Entre le plateau de tallage et la semence se trouve le rhizome et, au niveau de la semence, les racines séminales ou primaires (FIGURE 5). Les plants les plus vigoureux possèdent un rhizome très court ou nul. Le système radiculaire de la plante (racines secondaires) origine du plateau de tallage.

Une température fraîche et humide favorise la formation d'un meilleur système radiculaire. La chaleur entraîne une croissance déséquilibrée et un excès de feuillage par rapport aux racines, ce qui est défavorable à la productivité ultérieure de la plante. La résistance au froid est temporairement très bonne et la plupart des cultivars de céréales de printemps tolèrent des pointes de froid nocturnes de – 4 à – 5°C sans dommage grave. Cette résistance diminue pendant l'induction florale.

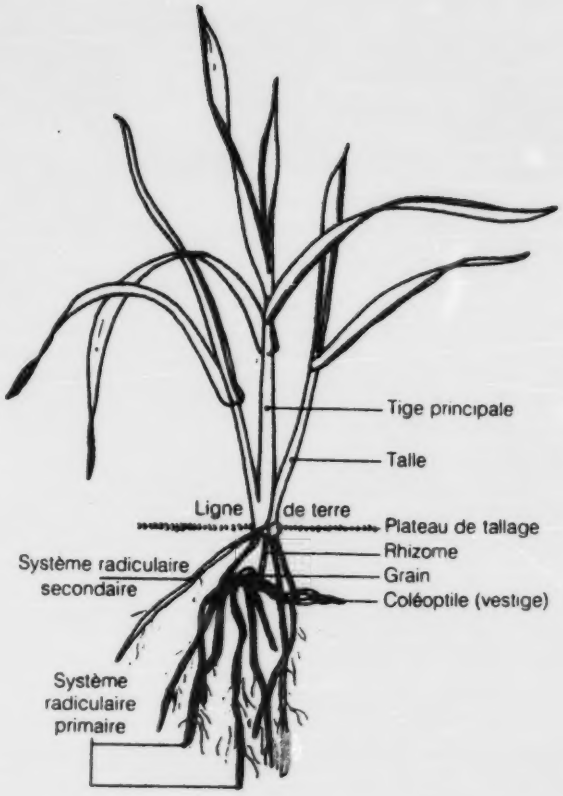
Tallage

La plantule produit de nombreuses racines secondaires au niveau du plateau de tallage et, sous des conditions favorables, une ou plusieurs tiges supplémentaires. Ces tiges supplémentaires, appelées talles, proviennent de bourgeons situés à la base de chacune des premières feuilles sur le plateau de tallage (FIGURE 5). Ce phénomène agit sur la première des trois composantes du rendement en augmentant le nombre de tiges herbacées par unité de surface.

Le tallage est affecté par un grand nombre de facteurs, dont certains échappent au contrôle de l'agriculteur. Une température fraîche et humide, un semis hâtif, une fertilisation azotée adéquate et une faible dose de semis intensifient le tallage. La chaleur, la sécheresse, les carences minérales, les taux de semis

élevés et la compétition de mauvaises herbes réduisent le tallage. Un semis trop profond favorise la production d'un long rhizome et d'un tallage faible ou nul. Le tallage, bénéfique en soi, est imprévisible d'une année à l'autre. Une dose de semis suffisamment élevée (Voir section «Ensemencement») donne un tallage négligeable (1,1 épis par plant) et une maturité plus uniforme, car les talles sont souvent mal synchronisées avec le maître-brin et mûrissent avec quelques jours de retard. Pour l'orge et l'avoine, l'affaiblissement du maître-brin en peuplements excessivement denses incite à un compromis où l'on tire profit d'un léger tallage, alors que le blé supporte avantageusement des doses de semis plus élevées donnant très peu de talles. À l'intérieur de chaque espèce, les cultivars diffèrent dans leur prédisposition au tallage ; par exemple, les orges à deux rangs tallent un peu plus que les orges à six rangs.

La quantité totale des réserves accumulées dans les racines, les feuilles et les tiges influence la deuxième composante du rendement : le nombre de grains par épi.



D'après Baptly et al. 1973

FIGURE 5 — **Plante avec un maître-brin, deux talles, et des racines secondaires au niveau du plateau de tallage (stade 22, échelle de Zadoks)**

Le rhizome est un organe facultatif dont la longueur dépend de la profondeur du semis. Un semis effectué à la bonne profondeur donne un rhizome très court ou absent.

Période reproductrice

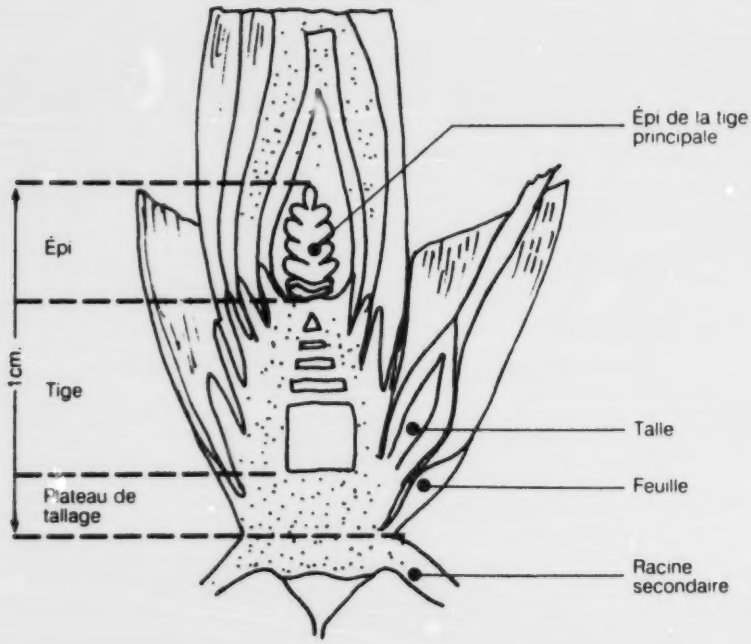
Vers la fin du tallage, un changement important survient dans le cycle de la plante : elle passe à la période reproductrice. C'est à cette période qu'elle produit la majeure partie de sa biomasse totale. Cette période comprend les phases de l'initiation florale, de la montaison, de l'épiaison et de la floraison.

Initiation florale et début de montaison

Pendant que le tallage se poursuit, le bourgeon terminal subit une transformation profonde : il arrête de faire des feuilles pour former les bourgeons de l'épi. La céréale subit alors son initiation florale. Aucun signe extérieur n'indique ce stade. **C'est à ce stade qu'est déterminée de façon définitive la première des trois composantes du rendement : le nombre d'épis par unité de surface.** D'autre part, la durée de la période d'initiation des bourgeons floraux influence la deuxième composante du rendement en déterminant le nombre potentiel de fleurs par épi.

La croissance des racines atteint sa vitesse maximale entre l'initiation florale et le début de l'épiaison. Un sol trop compacté nuit à leur croissance. Un léger déficit en eau stimule l'allongement des racines, mais diminue la croissance aérienne et abrège l'initiation florale. Le CCC (chlorure de chlorocholine), un raccourcisseur de paille, peut augmenter la croissance racinaire chez le blé.

Le tâtement de la base de la tige principale vers la fin de l'initiation florale, permet généralement de sentir un renflement juste au-dessus du plateau de tallage (FIGURE 6). Ce renflement indique l'apparition du premier noeud au niveau du sol. Ce signe indique que l'initiation florale est complétée, que la tige a commencé à s'allonger et que la jeune inflorescence est en train de grossir à l'intérieur des feuilles. La formation d'un nouveau noeud se produit au-dessus du noeud précédent et la numérotation de ces noeuds se fait de bas en haut sur la tige. Le début de la montaison coïncide avec l'arrêt définitif de l'induction florale et du tallage.



D'après Couture et al. 1980, ITCF, Paris

FIGURE 6 — **Coupe longitudinale de la tige principale au stade « épi à 1 centimètre ».** La montaison débute à peine, on est au stade 30 de l'échelle de Zakoks.

Photopériodisme

Le déclenchement de la montaison d'une céréale est en général induit par la photopériode, bien que l'orge y soit un peu moins sensible. Les avoines québécoises ont une forte réponse à la photopériode longue, ce qui retarde leur floraison lorsque les jours sont courts. Les blés québécois présentent des cas intermédiaires entre l'orge et l'avoine.

Une photopériode courte, telle qu'obtenue par un semis hâtif a pour avantage de prolonger le stade végétatif. La période de différenciation des fleurs est également prolongée, avec comme résultat un plus grand nombre de fleurs par maître-brin. Bien que l'orge soit moins sensible à la photopériode que les autres espèces, elle répond quand même aux jours courts en produisant un plus grand nombre de fleurs par épi.

Dans la pratique, il faut bien distinguer l'effet de la photopériode de celui de l'intensité lumineuse totale. La photosynthèse efficace exige beaucoup d'heures de lumière intense ; dans les sites nordiques, les nombreuses heures de photosynthèse intense contrebalancent très efficacement certains effets négatifs des photopériodes longues. C'est ainsi qu'on obtient souvent d'excellents rendements dans nos régions nordiques.

Effets déterminants de la température

Malgré les effets importants de la photopériode sur la morphogénèse, c'est encore la température qui possède les effets les plus déterminants sur le rendement, de même que le stress de sécheresse généralement relié aux hautes températures. C'est grâce à des températures fraîches et humides, fluctuant de 5 à 14°C, que l'on obtient le plus grand nombre de grains par épi et le maximum de survie des talles. Au Québec, de telles conditions n'existent en moyenne qu'au début de mai mais, à cette date, les céréales de printemps sont souvent au stade d'une ou deux feuilles. Elles ne sont donc pas encore parvenues au stade de la différenciation florale, où elles pourraient le mieux profiter de ces températures fraîches (TABLEAU 15). Un semis trop tardif abrège cette période de température optimale déjà trop courte. De plus, le stress de chaleur et le déficit hydrique consécutif arrêtent prématurément la différenciation florale.

Le tableau 15 résume ces relations de la céréale avec son environnement.

TABLEAU 15 — **Aperçu global des effets de l'environnement sur la physiologie de la croissance et le rendement de l'orge**

Caractère	Température		Radiation lumineuse totale	Photopériode longue	Sécheresse modérée
	Fraîche (5-14°C)	Chaude (25-35°C)			
Photosynthèse	-	-	+ + +	0	--
Taux de croissance foliaire	---	+ + +	-	+ +	--
Taux de croissance racinaire	-	+ +	+	0	+
Nombre d'épis par plant	+ +	--	+ +	-	--
Nombre de grains par épi	+ +	--	+ +	-	--
Remplissage du grain	+ +	--	+	-	?

Adapté de Gallagher et al. 1983. Environmental influences on the development, growth and yield of barley. *in* Barley Production and Marketing (Agron. Soc. New Zealand Special Publ. No. 2)

Signification :
- `-` effet négatif faible
- `--` effet négatif moyen
- `---` effet négatif fort
- `+` effet positif faible
- `+ +` effet positif moyen
- `+ + +` effet positif fort
- `0` aucun effet
- `?` aucune information

Montaison et gonflement

Pendant la montaison, la tige principale encore cachée sous les feuilles s'allonge rapidement.

À ce stade, l'épi en formation n'est pas encore visible. Cependant, en tâtant la tige pour localiser les noeuds, on peut déterminer sa position juste au-dessus du noeud le plus haut. En faisant une incision au rasoir dans le sens de la longueur de la tige juste au-dessus de ce dernier noeud, on découvre une masse blanchâtre plus ou moins développée : les pièces florales en pleine formation.

Le même phénomène se retrouve sur un certain nombre de talles herbacées qui produisent une tige et un épi. C'est ce qu'on appelle le tallage — épi. Les autres talles ne donnent pas d'épi et représentent une nuisance.

Pendant cette période critique, la plante atteint son maximum d'activité physiologique. Les parties aériennes croissent plus vite que les racines et la surface foliaire atteint son maximum. La plante devient plus sensible aux stress: manque d'eau, de lumière ou d'éléments minéraux, excès de chaleur, de froid ou de pluie. Vers le stade 37 de Zadoks, alors que l'épi est arrivé à environ 15 centimètres du sol, la montée de l'épi s'accélère. Vers la fin de la montaison, les températures inférieures à 10°C ou supérieures à 30°C sont préjudiciables au rendement du blé. Au Québec, de telles conditions peuvent se présenter à la fin de juin. La formation du pollen du blé est particulièrement sensible à ces conditions adverses. Les anthères sont flasques, blanchâtres et ne contiennent pas assez de pollen viable. En cas d'excès de chaleur, c'est l'orge qui résiste le mieux et l'avoine qui souffre le plus ; le blé se comporte de façon intermédiaire.

Gonflement et épiaison

La feuille supérieure ou feuille-étendard, est la dernière feuille formée avant la sortie de l'épi. Comme toutes les feuilles de graminées, elle comporte une partie cylindrique enveloppant la tige : c'est la gaine. Lorsque la gaine de la feuille-étendard commence à se gonfler, peu avant la sortie de l'épi, la montaison est terminée et la céréale atteint le stade « gonflement ».

À ce stade, le peuplement épi et le nombre d'épillets est définitif. Le nombre de grains potentiel est donc déterminé. Le nombre de grains réels dépendra des conditions de fécondation, de température et d'humidité ainsi que des avrotements ultérieurs. Les besoins de lumière atteignent leur maximum et la photosynthèse est alors la plus active. La croissance des racines diminue. La consommation d'azote est également au maximum. Les tiges ne sont pas encore lignifiées et s'allongent rapidement. À mesure que les parties aériennes se développent, les besoins en eau deviennent plus importants. Les céréales évaporent près de 500 tonnes d'eau afin de produire une tonne de matière sèche. La pluviosité totale de mai, juin et juillet, totalise environ 290 millimètres soit 2900 tonnes d'eau à l'hectare. Elle permet donc la production de 5,8 tonnes métriques de matière sèche si toute l'eau est utilisée, ce qui équivaut à une production de grain d'environ 2,3 tonnes à l'hectare en blé, ou 3 tonnes à l'hectare en orge. Or, les rendements québécois dépassent ces valeurs.

Les réserves en eau du sol (TABLEAU 16) sont donc importantes à ce stade pour suppléer à la pluviosité, car une récolte abondante peut utiliser toute la pluie estivale. La disponibilité de l'eau peut être améliorée par un bon drainage et un bon travail du sol. De plus, une bonne fertilisation augmente l'efficacité de l'eau, ce qui pourrait expliquer, au Québec, des rendements en grain légèrement supérieurs à ceux calculés en fonction de la pluie et des réserves en eau du sol.

TABLEAU 16 — **Eau utile possible dans la couche de labour (20 centimètres) pour diverses classes de sols**

Classe de sol	Eau disponible (t/ha)
Sable	50 à 250
Sable loameux	150 à 300
Loam sableux	300 à 400
Loam	400 à 500
Loam argileux	400 à 650
Argile	300 à 500
Sol organique	750 à 900

Source Côté D 1985 MAPAQ

Épiaison et floraison

Dépendamment de l'espèce, l'épi apparaît hors de la gaine de la feuille- étendard de 45 à 65 jours après le semis. La céréale est alors au stade épiaison. Comme la photopériode détermine la durée de la période végétative, on observe un lien non négligeable entre la latitude du site et le nombre de jours nécessaire à l'épiaison. Par exemple, à température égale, l'avoine épierait plus rapidement au Lac Saint-Jean que dans la plaine de Montréal.

Chez l'orge, le pollen se libère dans la fleur, habituellement un jour ou deux avant l'épiaison, sans qu'aucun signe extérieur ne signale cet évènement. Chez l'avoine et le blé, la fécondation se produit de quatre à sept jours après l'épiaison. Les anthères (ou organes mâles) sortent à l'extérieur de chaque fleur, cinq à dix minutes après la fécondation. La floraison d'un épi peut s'étaler sur quelques jours et les étamines se détachent ensuite graduellement.

La sensibilité à la sécheresse augmente à ce stade. L'excès de chaleur peut nuire à la fécondation de l'avoine, alors que le blé demeure sensible aux conditions extrêmes de chaleur ou de froid. **C'est donc seulement à ce stade qu'est déterminée de façon définitive la deuxième composante du rendement : le nombre de grains par épi.**

Les besoins en eau atteignent leur maximum : des essais d'irrigation démontrent que l'eau reçue à ce stade est plus efficace que l'eau reçue aux stades précédents pour augmenter le rendement en grains. Le phénomène de la migration ou transport de produits de la photosynthèse est alors très actif et très sensible aux déficits hydriques. Ces produits de photosynthèse se dirigent de plus en plus vers l'épi et le système radiculaire a presque atteint son volume final.

Chez le blé, la lignification de la tige commence dès le début de la floraison. Chez l'orge et l'avoine, cette lignification ne débute que beaucoup plus tard durant le stade laiteux, ce qui explique la faiblesse de la paille de ces deux espèces.

Période des grains

Après la fécondation, la physiologie de la céréale change totalement : c'est la période des grains. C'est à cette période que se détermine la dernière composante du rendement, **le calibre des grains**, généralement mesuré par le « poids de 1000 grains ». On y distingue trois phases :

— Formation du grain ou stade aqueux
— Remplissage du grain, avec les stades laiteux et pâteux
— Dessiccation du grain accompagnée d'une sénescence de la plante.

Formation du grain, stade aqueux

L'enveloppe du grain grossit et prend forme sans que l'intérieur du grain ne commence à se remplir de façon significative.

L'enveloppe du grain devient verte six jours environ après la fécondation. Le grain est très mou, sa teneur en eau est d'environ 60 % et son albumen est un liquide clair et visqueux qui s'échappe facilement lorsque le grain est pressé entre les doigts.

L'allongement des tiges ralentit graduellement. À la fin de ce stade, un semis trop dense, un excès d'azote ou un orage provoquent la verse, surtout chez l'orge et l'avoine dont les parois cellulaires sont encore peu lignifiées. La verse nuit à la photosynthèse et au remplissage du grain et peut provoquer un tallage secondaire indésirable. La verse peut être limitée par l'utilisation de cultivars résistants et de raccourcisseurs de paille.

Remplissage du grain, stades laiteux et pâteux

Une fois bien formé, le grain entrepose des réserves. L'albumen liquide blanchit et devient plus visqueux avec l'accumulation d'amidon. Chez l'orge et l'avoine, la lignification des tiges débute. Au même stade, ce phénomène est déjà très avancé chez le blé. La plante est arrivée à sa hauteur finale. Le feuillage, qui exporte vers l'épi des produits de photosynthèse, devient graduellement prédisposé à la sénescence et moins résistant à certaines maladies fongiques. Ces maladies diminuent la surface photosynthétique et bloquent les canaux qui transportent la sève. Si les maladies occupent les tissus végétaux avant le moment de la sénescence naturelle, le poids de 1 000 grains et le poids spécifique sont alors diminués.

Les besoins en eau et en lumière diminuent et la plante devient plus tolérente au froid et à la chaleur. Vers la fin du remplissage du grain, l'albumen est une pâte collante qui se raffermit graduellement : c'est le stade pâteux. La teneur en eau est alors de 40 % et le grain présenté une élasticité assez ferme. Le remplissage du grain se termine alors que le grain contient environ 35 % d'eau, soit au stade Zadoks 86. On appelle cette étape la maturité physiologique. **C'est à ce stade (grain pâteux) qu'est déterminée la dernière composante du rendement : le poids de mille grains**. L'élasticité disparaît ensuite et l'ongle peut imprimer une marque permanente sur le grain qui a alors une teneur en eau de 30 % (stade pâteux dur, Zadoks 87). À ce stade l'inflorescence perd sa chlorophylle et le contenu en matière sèche n'augmente plus. Les stades 86 et 87 conviennent donc à l'andainage. Au stade Zadoks 91, on réussit avec difficulté à couper le grain en deux avec l'ongle ; au stade Zadoks 92, le grain résiste à l'ongle et ne casse que sous la dent. Ces deux derniers stades conviennent à la récolte conventionnelle à la batteuse.

Dormance

La dormance, ou état physiologique empêchant la germination, protège le grain contre la détérioration de la qualité et contre la germination sur épi, c'est-à-dire contre les problèmes causés par la pluie vers la fin de la maturation. Cet état désirable n'est induit que lorsque la teneur en eau du grain atteint 45 %, soit juste avant la maturité physiologique (TABLEAU 17). À 35 % d'eau, la dormance est maximale, et elle demeure assez bonne jusqu'à ce que la teneur en eau atteigne 25 %.

Quelques jours après la maturité physiologique, la dormance commence donc à diminuer, spécialement chez les cultivars actuels de blé blanc d'automne. Une alternance de temps chaud et sec suivi de temps pluvieux est spécialement à craindre, car ces conditions abrègent la dormance qui est nécessaire pour protéger la qualité du grain en cas de pluie.

La dormance s'affaiblit donc à mesure que le grain durcit. À la pleine maturité, les cultivars de blé roux peuvent souvent endurer dix jours de pluie sans germer, certains cultivars tolèrent même davantage. Dans les mêmes conditions, les blés blancs actuels germent après deux à quatre jours de pluie. Le bris de la dormance déprécie beaucoup la qualité du grain récolté.

Les problèmes de défaut de dormance sont moins courants chez l'orge et rares chez l'avoine.

Dessiccation du grain

Pendant la dernière phase, le grain perdant de l'eau, devient semi-dur, puis dur et finalement cassant à pleine maturité, alors qu'il ne contient plus que 15 % d'eau.

La solidité de l'épi se détériore graduellement après cette phase. Le vent et la grêle occasionnent des pertes par égrenage chez le blé ou par cassure au niveau du col de l'épi chez l'orge. Pour éviter l'égrenage et la germination sur épi, on peut andainer le grain, l'ensiler à 30 ou 35 % d'humidité, ou le récolter à 18 % d'humidité et le faire sécher dans un silo spécialement conçu à cette fin. Certains cultivars résistent mieux à l'égrenage, mais on leur reproche quelquefois d'entraîner un réajustement fréquent de la batteuse.

TABLEAU 17 – **Évolution de la dormance au cours de la maturation du blé**

Stade de Zadoks	Teneur en eau du grain (%)	Niveau de dormance	
		blé blanc	blé roux
83 (Début pâteux)	50	Absence de dormance physiologique[1]	Quasi absence de dormance physiologique[1]
85 (Pâteux mou)	45	**Début de dormance**	**Début de dormance**
86	35	Dormance moyenne	Forte dormance
87 (Pâteux dur)	30	**Dormance moyenne**	**Forte dormance**
89	24	Légère diminution[2]	Forte dormance
91	16	**Faible dormance[2]**	**Bonne dormance[2]**

Source : J. Frégeau, Agriculture Canada, Ottawa

1 — À ce stade, les téguments jouent un rôle protecteur adéquat.

2 — À ce stade, les glumes (enveloppes externes du grain) peuvent jouer un rôle protecteur non négligeable à condition que la pluie ne soit pas excessive. Cet effet varie selon les cultivars.

GESTION ET TRAVAIL DU SOL

Assainissement

pH du sol et chaulage

Rotation et monoculture

Préparation du sol

Conservation du sol

Matière organique

Jean-Noël Couture et Daniel Isfan

Les modes de gestion et de travail du sol choisis par l'agriculteur déterminent la date d'ensemencement des céréales et par conséquent, le rendement et la qualité des grains produits. Ces mêmes facteurs, selon la façon dont ils sont traités, contribuent soit à l'amélioration soit à la dégradation des sols et affectent la rentabilité future des cultures.

Assainissement

L'assainissement vise à éliminer l'excès d'eau afin de permettre des conditions adéquates de croissance pour la plante et l'entrée de la machinerie sur le terrain en temps opportun. C'est la première étape dans l'aménagement d'un sol agricole destiné à la production de céréales.

L'assainissement du sol englobe les travaux de drainage et d'aménagement de la surface. Ces deux modes qui permettent d'éliminer l'excès d'eau sont complémentaires, mais poursuivent des objectifs distincts.

En raison de leurs coûts élevés et de leur permanence, il est fortement conseillé de consulter des personnes compétentes avant d'entreprendre ces travaux.

Drainage

Le drainage vise à abaisser et à maintenir la nappe d'eau à un niveau qui assure le développement des racines en profondeur et permet une meilleure capacité portante du sol.

Seuls les drains souterrains ou les fossés profonds à faibles espacements peuvent remplir adéquatement ce rôle. Les fossés profonds entraînent une perte et un morcellement de terrain, un entretien régulier, des problèmes d'érosion et constituent des obstacles majeurs au passage de la machinerie. Ils sont donc généralement réduits au minimum et remplacés par des drains souterrains.

Par ses effets bénéfiques sur la porosité, le drainage augmente l'aération et la pénétration racinaire. Il est possible que le drainage entraîne un égouttement excessif dans certains sols déjà assez poreux pour jouir d'un bon drainage naturel. C'est un écueil à éviter. À noter que les travaux de drainage doivent être effectués avant les travaux de surface.

Aménagement de surface

Les travaux de surface permettent d'éliminer la partie de la précipitation qui ne s'infiltre pas et surtout d'éviter que l'eau ne stagne dans les dépressions du terrain. Les techniques de surface incluent le profilage et la création de fossés profonds et de dérayures.

Profilage des planches

Le profilage est la création de planches bombées à l'aide du labour et du nivellement. Le profilage est nécessaire dans les sols dont la pente naturelle est inférieure à 0,5 % ou ceux dont la perméabilité et la profondeur du sol perméable ne permettent pas l'installation du drainage souterrain. Les problèmes d'eau stagnante se manifestent fréquemment au printemps lors de la fonte des neiges alors que le sol est gelé ou lors de pluies abondantes alors que le système de drains ne peut suffire à évacuer l'excès d'eau. De même, des accumulations d'eau peuvent survenir en saison si les précipitations dépassent la capacité naturelle d'infiltration du sol. Cette capacité est largement influencée par le type et le degré de porosité du sol. Les argiles peu perméables et les loams limoneux doivent faire l'objet d'une attention spéciale.

Le modelage de surface ne doit donc pas être perçu comme une alternative mais comme un complément au drainage du sol. Plusieurs personnes confondent ces deux aspects et croient régler les problèmes de nappe d'eau souterraine en réalisant des planches arrondies ayant parfois des dénivellations importantes entre le centre et les bords. La figure 7 démontre qu'une telle action ne solutionne pas le problème puisque la nappe demeure très proche de la surface sur les bords des planches. De plus, le ruissellement de l'eau vers la rigole se fait trop rapidement à cause d'une pente exagérée, occasionnant souvent des problèmes d'érosion du sol. La figure 7 montre également les effets néfastes d'un profilage sans drainage. Le drainage, en abaissant la nappe, favorise une meilleure aération et un meilleur développement des racines. La structure en est ainsi améliorée. Ceci confirme la nécessité d'abaisser la nappe via le drainage si celle-ci est trop élevée. Un profilage adéquat complète l'aménagement du champ.

Une autre erreur courante consiste à creuser des dérayures (ou fossés en « V ») trop profondes entre les planches (FIGURE 7). Ce faisant, la majeure partie ou la totalité de la couche arable est enlevée. Les bords de ces planches offrent alors un sol de basse fertilité, généralement mal structuré et très pauvre en matière organique, possédant une activité biologique réduite et sur lequel on peut noter des diminutions très importantes de rendements. Même avec des apports massifs et répétés d'engrais organiques et minéraux, les rendements de cette bande de terre demeurent inférieurs pendant plusieurs années.

Le modelage du sol visant à éliminer l'excès d'eau superficielle doit donc tenir compte de la topographie naturelle du terrain et éviter l'enlèvement d'une partie importante de la couche arable.

FIGURE 7 — **Profilage excessif des planches.** Ce type d'aménagement ne permet pas un abaissement suffisant de la nappe d'eau sur les côtés et enlève une partie de la couche arable sur une large bande, occasionnant des baisses importantes de rendement et une grande sensibilité à l'érosion.

Correction du profilage

Dans les terrains plats (pente inférieure à 0,15 %), la confection de planches en faîte (pente régulière sur toute la largeur et « non bombée ») est préconisée (FIGURE 8). La largeur de ces planches peut varier selon la géométrie existante sur la ferme mais est d'environ 60 mètres si aucune contrainte ne s'impose.

Dans les terrains où la pente est comprise entre 0,15 % et 0,50 %, le modelage de planches à un seul versant peut s'appliquer avantageusement. Ce modelé consiste à aplanir le terrain selon sa plus grande pente et à construire une raie de curage suivant la plus faible pente.

En terrain accidenté, il n'est pas utile de procéder à la construction de planches ; seuls travaux de nivellement permettant de combler les dépressions tout en respectant la configuration naturelle du terrain sont nécessaires. La couche arable ne doit jamais être enlevée sur toute son épaisseur. Le nivellement au laser permet d'aplanir des surfaces avec un degré élevé de précision.

Pour remédier aux dérayures trop profondes, il est possible de rapporter un peu de sol arable vers ces zones et d'appliquer localement à chaque année des doses importantes de fumier afin de restaurer une structure adéquate et uniforme du sol.

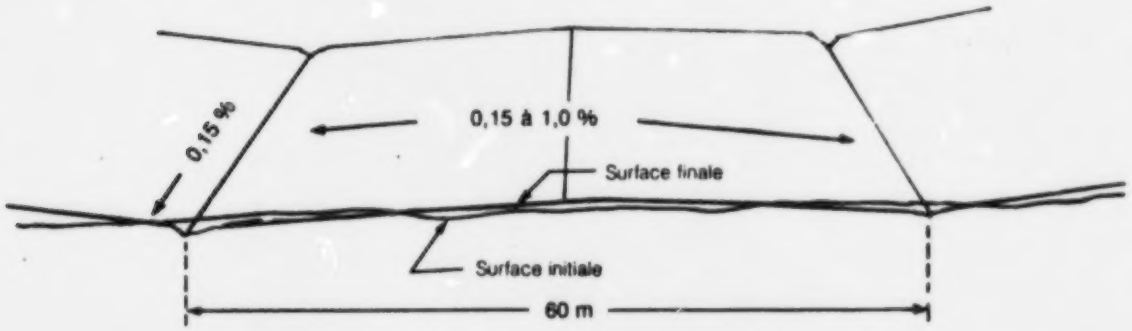


FIGURE 8 — **Exemple de construction de planche en faîte en terrain plat où le drainage souterrain a été effectué**

pH du sol et chaulage

Le pH est une mesure de l'acidité active du sol. Le producteur doit le corriger afin de répondre aux exigences particulières des cultures et d'assurer une efficacité plus grande des engrais. Le pH optimum pour chaque céréale est donné dans le chapitre « fertilisation ». L'influence du pH sur l'efficacité des engrais est rapportée au tableau ci-dessous.

Le pH peut évoluer rapidement dans un sol. Aussi, le producteur doit-il se fier à une analyse récente. Cette analyse doit également bien représenter l'ensemble des parcelles qu'il entend cultiver. Le pH de l'échantillon indique si le sol a besoin ou non de chaulage par rapport au pH optimum de la culture envisagée. Dans les cas où il faut chauler, c'est le pH tampon qui sert à déterminer les quantités de chaux nécessaires. Comme la plupart des sols du Québec sont naturellement acides et que les précipitations et la fertilisation azotée contribuent au processus d'acidification, il faut procéder régulièrement au chaulage.

L'application de chaux peut se faire à toute période de l'année à condition que le sol soit suffisamment ferme. Cependant, pour éviter des dommages physiques aux cultures, les épandages s'effectuent principalement à l'automne et au printemps. Pour les céréales, il est fortement recommandé de chauler à l'automne précédant l'établissement afin de ne pas retarder le semis. De plus, cette pratique permet d'atteindre plus rapidement le pH désiré compte tenu de l'effet graduel de la chaux dû à la granulométrie variable des particules.

La chaux se déplace très peu dans le sol, d'où l'importance d'en assurer une bonne distribution dans la couche de labour. Pour cette raison, les applications de surface sont relativement peu efficaces par rapport à celles qui sont incorporées au sol. Aucun mode d'incorporation n'est parfait : la charrue à versoirs a tendance à incorporer surtout en profondeur alors que les instruments secondaires tels que la herse à disques, la herse à ressorts ou le vibroculteur n'incorporent que dans les cinq premiers centimètres lorsqu'ils sont utilisés adéquatement.

Le mode d'incorporation a peu d'importance si les quantités appliquées sont faibles et si le sol est travaillé annuellement : la répartition est assez homogène après deux ou trois ans. Des applications fractionnées avant et après labour permettent une meilleure répartition de la chaux lorsque les besoins dépassent sept tonnes par hectare en sol léger ou organique et 10 tonnes par hectare pour les autres types de sol. Les applications fractionnées sont également utiles lorsque la rotation est longue comme dans le cas des céréales servant de plantes-abri aux cultures fourragères.

L'application de chaux sur labour est possible avec des camions équipés de pneus très larges et à basse pression.

TABLEAU 18 — **Efficacité relative[1] des éléments nutritifs selon le niveau de pH du sol**

pH du sol	Azote (%)	Phosphore (%)	Potassium (%)	Moyenne (%)
5,5	77	48	77	67
6,0	89	52	100	80
7,0	100	100	100	100

Source : Hand book National Limestone Institute Washington

1 — L'efficacité relative d'un élément se définit comme étant le rapport de son efficacité à un pH donné sur son efficacité à pH 7.

Rotation et monoculture

Un bon précédent cultural pour les céréales doit présenter les caractéristiques suivantes :

— Libérer le sol assez tôt pour permettre un labour ou un pseudo-labour d'automne ;
— Laisser le sol exempt de mauvaises herbes ;
— Améliorer ou maintenir la structure du sol.

Ainsi les cultures sarclées comme le maïs-grain et le soja constituent un bon précédent cultural. Le maïs favorise une bonne répression des mauvaises herbes. Les légumineuses, comme la luzerne, le trèfle et le soja, ont un effet bénéfique sur la structure du sol et son contenu en azote. On reproche toutefois au maïs certains effets nocifs, surtout le compactage et l'érosion des sols.

Les céréales sur retour de prairie ou pâturage donnent généralement des résultats moins satisfaisants sauf s'il s'agit d'un mélange comportant une bonne proportion de légumineuses.

Différentes expériences démontrent que la monoculture de céréales est possible mais qu'elle est souvent associée à une recrudescence des maladies et à une baisse consécutive des rendements.

En monoculture, les sols n'ont pas tous le même comportement. L'observation rigoureuse de l'évolution des propriétés physiques (structure et porosité) du sol, de même que l'incidence des maladies transmissibles par le sol et les résidus de culture indiquent à l'agriculteur quand rompre la monoculture. Il est imprudent de se fier uniquement aux baisses de rendement pour prendre cette décision. En effet, les pertes occasionnées par une détérioration du milieu de culture sont sournoises ; elles peuvent parfois être compensées par une gestion plus intensive (fertilisation azotée supérieure, cultivars plus productifs). En pratique, cela veut dire que les augmentations de rendements ne sont pas aussi rapides qu'elles devraient l'être. Malheureusement, ces problèmes cumulatifs handicapent la productivité des sols pour de nombreuses années et ne peuvent être corrigés à court terme.

Les précautions importantes à respecter en monoculture des céréales, quelle qu'en soit la durée, sont les suivantes :

— limiter les façons culturales car ces travaux occasionnent une dégradation de la structure du sol et hâtent la décomposition de la matière organique;
— éviter les labours profonds qui diluent la matière organique, la chaux et les engrais;
— éviter tout passage de machinerie lorsque le sol est trop humide;
— retourner si possible, au sol, la paille afin de restituer la matière organique;
— procéder annuellement à l'évaluation des maladies transmissibles par le sol ou les résidus de culture et choisir des cultivars ou des espèces moins sensibles.

Même dans le cadre d'une rotation, ces précautions demeurent valables.

Préparation de sol

Une bonne préparation de sol pour la culture céréalière vise les objectifs suivants :

— une surface bien nivelée ; on favorise ainsi le retrait de l'eau, l'uniformité de la profondeur de semis de même que le travail efficace de la moissonneuse-batteuse
— un sol bien aéré en surface mais ferme en profondeur ; ceci permet au grain de germer et à la plantule de s'approvisionner en eau grâce à la continuité capillaire
— un lit de semence superficiel de trois à cinq centimètres d'épaisseur présentant une surface rugueuse mais sans grosses mottes ; la grosseur des particules diminue en profondeur. Les granules de surface doivent être d'autant plus grossiers que le sol est sensible au compactage ou à la battance sous l'effet des pluies.

Les différentes façons culturales nécessaires pour atteindre ces objectifs sont classées en deux catégories : les opérations culturales primaires et les opérations culturales secondaires. Le bulletin du CPVQ **« Sols, les façons culturales » Agdex 517** donne beaucoup d'information sur le sujet.

Opérations culturales primaires

Les opérations primaires comprennent le labour conventionnel effectué avec la charrue à corps et les pseudo-labours effectués par le chisel (cultivateur lourd) ou la charrue à disques (FIGURES 9A, 9B et 9C).

Les opérations primaires permettent de détruire et d'enfouir la culture précédente ou les résidus de culture (herbe, paille de maïs, etc...), d'incorporer les amendements (fumier, chaux, engrais verts), d'améliorer la porosité et la structure du sol de même que de réprimer des mauvaises herbes vivaces (Exemple : le chiendent).

Ces opérations doivent généralement être effectuées à l'automne surtout sur les sols argileux. On évite ainsi les problèmes de traction au printemps sans retarder les travaux. Le travail automnal hâte la décomposition des résidus de la culture précédente et offre une surface irrégulière qui favorise les effets bénéfiques de l'hiver sur la structure et la compacité du sol. Il faut cependant effectuer les opérations assez tard en saison pour empêcher la repousse de la végétation avant la période hivernale. Le labour de printemps sur argile est à éviter.

Le travail primaire doit toutefois être fait au printemps sur les sols en pente sensibles à l'eau provenant des pluies ou de la fonte des neiges.

Le choix de l'instrument approprié est basé sur la culture antérieure et le type de sol. Sur un retour de prairie ou de pâturage, la charrue conventionnelle est l'instrument qui permet le meilleur enfouissement de la tourbe et la meilleure répression temporaire du chiendent et des autres mauvaises herbes vivaces.

Sur un retour de maïs ou de céréales, il est possible d'utiliser le chisel ou la charrue à disques. Ces instruments laissent cependant une plus grande quantité de résidus de culture en surface, favorisant la propagation des maladies lorsque l'on pratique la monoculture des céréales. L'utilisation de ces instruments en alternance avec un labour conventionnel à tous les trois ou quatre ans peut s'avérer intéressante pour les grandes superficies à condition d'exercer une bonne répression des maladies par une rotation des espèces de céréales.

La charrue à disques ne doit être utilisée que sur les sols légers seulement, alors que le chisel peut s'adapter à la plupart des sols grâce à un choix varié de formes et de largeurs de socs.

Quel que soit l'instrument primaire utilisé, la profondeur de travail ne doit pas dépasser 15 à 20 centimètres pour les céréales. Une profondeur excessive n'améliore pas les rendements et peut être néfaste à la structure du sol : elle occasionne la dilution de la matière organique de la couche arable et par conséquent favorise un compactage accru.

Avec la charrue à versoirs, la profondeur du labour est dictée principalement par la grosseur de la charrue: en général, elle est d'environ la moitié de la largeur du versoir. La profondeur peut toutefois varier d'environ 2,5 centimètres en plus ou en moins si on poursuit des objectifs particuliers : un labour plus profond donc plus dressé peut être recherché dans un sol mal drainé afin de favoriser le drainage tandis qu'un labour plus mince donc plus couché retarde quelque peu l'émergence du chiendent dans un champ particulièrement infesté.

Il est recommandé de varier périodiquement la profondeur de labour dans les cas de compactage excessif du sol occasionné par le passage de la roue du tracteur dans le sillon ou par le lissage sous le soc de la charrue.

Opérations culturales secondaires

Le disquage et/ou le hersage ont pour but de préparer un bon lit de semence de trois à cinq centimètres d'épaisseur.

Cette couche de surface doit être assez fine pour permettre un contact étroit avec la semence mais assez grossière pour éviter le problème de croûtage occasionné par les fines particules de limon qui colmatent les pores du sol et réduisent l'infiltration d'air et d'eau.

FIGURE 9A — **Charrue à corps**

Photo Côté, D. 1982. Sols, les façons culturales. CPVQ

FIGURE 9B — **Chisel**

Photo Côté, D. 1982. Sols, les façons culturales. CPVQ

FIGURE 9C — **Charrue à disques**

Photo Côté, D. 1982. Sols, les façons culturales. CPVQ

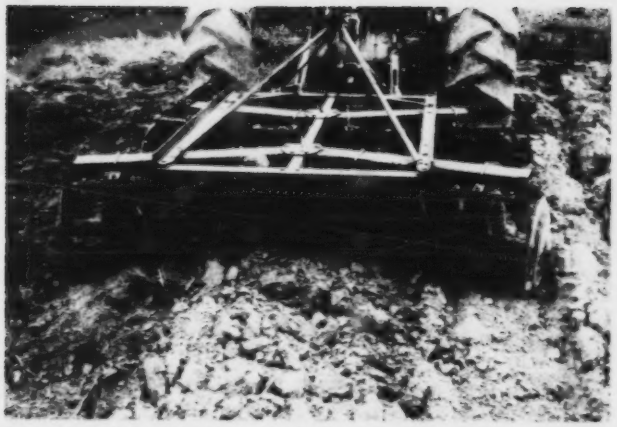


FIGURE 9D — **Pulvérisateur (herse à disques)**

Photo. Côté, D. Sols, les façons culturales, CPVQ

FIGURE 9E — **(Herse à ressorts)**

Photo. MAPAQ

FIGURE 9F — **Herse à ressorts de type vibroculteur**

Photo. Côté, D. 1982. Sols, les façons culturales, CPVQ

Le choix d'un instrument approprié doit tenir compte du type de sol à travailler, de la diversité des cultures à ensemencer et des pratiques culturales adoptées par l'agriculteur.

Ainsi, le pulvériseur est mieux adapté aux sols argileux, non infestés de chiendent. On l'utilise également à la suite des labours de printemps non rassis ou effectués dans des conditions difficiles (FIGURE 9D). Comme cet instrument exige beaucoup de traction, son utilisation printanière retarde indûment le semis. De plus, la nécessité d'un hersage de finition pour compléter la préparation du lit de semence multiplie le nombre de passages.

Il faut donc s'interroger sur la réelle nécessité du disquage. S'il est requis à cause de la présence de mauvaises herbes ou d'inégalités, il doit être effectué à l'automne. Toutefois, le disquage d'automne retarde généralement de quelques jours l'assèchement du sol au printemps particulièrement dans les sols limoneux. Le disquage doit être superficiel, enlevant la moitié de la crête de labour, et laisser une surface grossière en mottes à l'emprise de l'hiver. Le travail est alors complété au printemps par un léger hersage.

Sur les loams et les sables, le passage de la herse à ressorts ou du vibroculteur, utilisés au printemps, est suffisant (FIGURES 9E et 9F). Le vibroculteur est particulièrement bien adapté lorsqu'il est équipé d'une lame niveleuse à l'avant et de rouleaux émotteurs à l'arrière. La lame niveleuse ne doit pas être utilisée après la fertilisation de printemps. Les rouleaux émotteurs laissent une belle apparence mais recouvrent le chiendent.

Quel que soit l'outillage utilisé, la profondeur de travail ne doit pas dépasser l'épaisseur du lit de semence recherché, soit de trois à cinq centimètres. C'est là, la clé du succès pour obtenir une germination uniforme et vigoureuse.

Une autre opération culturale qui peut être pratiquée est le roulage. Cette opération, lorsque le lit de semence est bien fait et que le semis est hâtif, n'est pas nécessaire pour obtenir des hauts rendements. Elle contribue cependant à niveler la surface du sol en enfouissant les cailloux et en brisant les mottes. Cela s'avère utile lors de récolte de céréales versées ou de fourrages qui ont été semés avec des céréales.

Lorsque le sol est trop sec, mal préparé et que le lit de semence est excessivement profond (mie de plus de cinq centimètres) le roulage s'avère utile pour diminuer l'évaporation et pour augmenter la proportion des pores du sol occupés par l'eau après la pluie. La semence peut alors disposer d'une grande humidité pour germer, surtout dans les sols à texture grossière (sables). Par contre, le roulage n'augmente pas vraiment la remontée d'eau capillaire vers la graine car son effet de compactage se fait plutôt sentir dans les deux ou trois premiers centimètres.

Le roulage, par son effet de compactage, détruit la structure du sol en surface. Ceci peut s'avérer particulièrement dommageable sur les argiles et les loams argileux roulés trop humides. Il s'ensuit la formation d'une croûte qui limite l'infiltration d'eau et favorise l'érosion par ruissellement.

Si l'agriculteur décide de rouler, il devrait le faire en même temps que le semis ou immédiatement après. D'ailleurs certains rouleaux peuvent être attachés derrière le semoir.

Conservation du sol

En matière de conservation des sols, la culture des céréales de printemps présente un risque de dégradation plus faible que celle du maïs ou de la pomme de terre mais plus élevé que celle des plantes fourragères.

Érosion

L'érosion du sol est souvent sournoise et fait disparaître l'horizon le plus fertile de façon irrécupérable tout en entraînant des problèmes sérieux de pollution des eaux. La perte de sol arable ruine le potentiel de rendement en diminuant la capacité de rétention de l'eau et des éléments nutritifs de la couche de labour. Ainsi, à Lennoxville, sur un sol ayant une inclinaison de 10 % et maintenu sans protection, on a évalué que l'érosion pouvait enlever la totalité de l'horizon fertile en 65 ans.

La culture des céréales de printemps présente un risque d'érosion du fait qu'elle laisse le sol sans couverture végétale pendant des périodes prolongées au printemps et à l'automne. Il faut donc porter une attention particulière si l'on doit cultiver sur des sols peu profonds ou sur des sols à pentes fortes (supérieure à 5 %) ou à pentes modérées mais longues. Les risques d'érosion sont également importants en sols argileux à pentes faibles au moment de la fonte des neiges ou au cours de violents orages.

Le travail excessif du sol encourage l'oxydation de la matière organique et pulvérise les particules de sols ; il est recommandé de diminuer au minimum ce travail, surtout aux abords des endroits les plus sujets à l'érosion. Le maintien du niveau de matière organique par des rotations exige des cultures comme la luzerne ou le trèfle. Des apports de fumures organiques peuvent aussi, à long terme, diminuer la sensibilité d'un sol à l'érosion. Des travaux de génie comme le modelage du terrain avec des terrasses ou des fossés d'interception dans le but de diminuer la longueur de la pente, peuvent également être efficaces pour diminuer les risques d'érosion.

Compactage[1]

Le compactage est le tassement du sol à la suite du passage répétitif de la machinerie dans des conditions d'humidité de sol défavorables.

Le compactage du sol peut être un agent de dégradation dont les effets insidieux sont sous-estimés. Les enquêtes démontrent des baisses de rendement de 10 % à 15 %, dans les régions de monoculture de maïs. Le danger de compactage atteint le maximum lorsque 80 % des pores du sol est remplis d'eau. Si le glissement de pneus dépasse 10 à 15 %, il faut attendre avant de circuler sur le terrain.

Une augmentation de la densité apparente du sol de 10 % entraîne une réduction de rendement de 15 % et même davantage. Dans une argile légère, une densité apparente de 1,3 tonne par mètre cube est inquiétante. Il en est de même d'une densité de 1,4 à 1,5 tonne par mètre cube dans une argile lourde. Dans le cas de loams et des sables, le seuil critique peut aller jusqu'à 1,5 tonne par mètre cube. De façon générale, le seuil critique varie en fonction de la nature du sol.

Plusieurs types d'appareils permettent de mesurer le compactage ; citons les pénétromètres et les sondes à rayons gamma. Ces appareils devraient être utilisés de façon plus systématique pour diagnostiquer les problèmes à temps.

Plusieurs moyens existent pour lutter contre la compaction : distinguons les moyens préventifs et les moyens curatifs.

Moyens préventifs :

— Un calendrier de travail qui tient compte des périodes où le sol est humide et instable
— Un bon système de drainage et de profilage des planches qui permet de réduire la période où le sol est sensible au compactage
— L'utilisation de machines légères, dont la charge est de moins de six tonnes par essieu, et qui sont portées par des pneus larges et de grand diamètre ou des doubles roues afin d'obtenir une grande surface de contact avec le sol
— Une réduction du nombre total de passages
— Des rotations incluant la luzerne, le soja ou la féverole avec une préférence pour la luzerne
— Des amendements et des façons culturales qui permettent d'augmenter la matière organique du sol
— La prévention du glissement excessif des pneus
— L'utilisation d'espèces et de cultivars hâtifs
— Le maintien d'un bon niveau de fertilité du sol.

Moyens curatifs :

Les problèmes de compactage peuvent se manifester près de la surface ou plus en profondeur, selon la nature du sol et selon le type de machine utilisé.

— Un labour bien fait ameublit la couche de labour. Des labours fréquents à la même profondeur peuvent, par contre, créer une zone compacte sous la charrue, ce qui est à éviter.
— Contre le compactage profond, un sous-solage, effectué lorsque le sol est plutôt sec en profondeur, est efficace. Cette opération n'est pas efficace dans une argile humide.

1 Contribution de V.-G. Raghavan et E. Mckyes, Université McGill

Matière organique

La matière organique est un élément clé de la fertilité des sols; tous les moyens doivent être pris pour la préserver, en particulier, sa partie humus.

La matière organique est formée à partir de l'apport des débris végétaux, résidus de récolte, engrais vert, et de déchets d'animaux : fumiers, lisiers. Ces résidus, constamment transformés par l'action des organismes du sol, se divisent en deux catégories de produits selon leur état de décomposition : la matière organique fraîche ou peu transformée et l'humus ou matière organique transformée.

Si la matière organique jeune n'a en soi qu'une faible valeur agricole, l'humus, par contre, joue un rôle dominant dans la fertilité des sols.

Décomposition de la matière organique

La matière organique est avant tout une source de carbone (45-60 %) et d'azote (3,5-4,0 %). Sa minéralisation est activée par une température élevée, une humidité moyenne et un pH neutre à alcalin. Tous les facteurs qui favorisent la présence d'oxygène dans le sol (structure, texture, drainage, travail du sol, etc.) augmentent la minéralisation. Les acides organiques engendrés pendant la décomposition de la matière organique facilitent la dissolution des minéraux et rendent les éléments libérés accessibles aux plantes. Le CO_2 rejeté peut être capté par les feuilles et améliore d'autant la croissance des plantes.

Le rapport carbone/azote (C/N) de la matière organique ajoutée à un sol a une grande importance sur la disponibilité de l'azote pour la végétation. On estime que le seuil critique du rapport C/N, sous lequel il y a minéralisation nette, donc libération de l'azote sous les formes NH_4^+, NO_2^- ou NO_3^-, est entre 20 et 24. D'autre part, une matière organique avec un rapport C/N supérieur à 25 entraîne des carences en azote suite à l'assimilation de cet élément par la microflore du sol. Un rapport C/N inférieur à 20 favorise une décomposition plus rapide du matériel végétal mais laisse généralement moins d'humus au sol.

L'azote organique libéré au cours de la dégradation de la matière organique est transformé par la microflore en ammonium (NH_4^+), nitrite (NO_2^-) et ensuite en nitrate (NO_3^-), forme finale du processus de minéralisation et la plus utilisée par les plantes.

En résumé, l'ammonification peut être représentée ainsi :

azote organique $\rightarrow NH_4^+$;

et la nitrifiaction :

$NH_4^+ + O_2 \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^-$

La microflore ammonifiante est composée de micro-organismes normalement moins sensibles aux extrêmes de pH, de température et d'humidité que la microflore nitrifiante ; c'est pourquoi on trouve souvent une accumulation d'ammonium dans le sol sous des conditions acides, froides (< 5°C), ou chaudes (> 35°C) et à faible aération. Sous les conditions du Québec, les températures souvent basses du printemps ne favorisent pas une nitrification adéquate permettant d'assurer la quantité d'azote nécessaire aux plantes en début de végétation. La production de nitrates est alors faible : les bactéries responsables de leur formation sont pratiquement inactives à des températures inférieures à 5°C.

La dénitrification est la conversion de nitrates en azote et en oxygène ; c'est donc un appauvrissement net en azote. Ce processus nuisible est accéléré en présence de matière organique fraîche. En effet, la consommation d'oxygène par les micro-organismes responsables de la nitrification crée une anaérobiose qui stimule d'autres micro-organismes responsables de la dénitrification. Pour réduire cette perte d'azote, on peut fractionner les apports de matière organique fraîche au sol.

Humus

L'humus est le produit final de la décomposition des déchets végétaux et animaux ; c'est la forme la plus évoluée et la plus stable de la matière organique du sol. L'humus est la fraction la plus importante de la matière organique d'un bon sol agricole (FIGURE 10).

La matière humique est constituée de polyanions d'origine naturelle, à poids moléculaire élevé, de couleur noire ou brun foncé. Elle est formée par des réactions de polymérisation et de condensation à partir de produits de la dégradation microbienne et chimique de la matière organique végétale et animale. L'humus possède des propriétés qui le distinguent nettement des matières originales dont il est issu et des produits simples qui se forment pendant sa synthèse.

L'humus s'accumule davantage dans les sols frais et les sols argileux. Au Québec, on trouve en général des teneurs en matière organique totale de 2,5 à 6,0 %. La fraction humus peut être inférieure à [illegible] % de la matière organique totale dans un sol sablonneux et atteindre 50 % dans un sol argileux. Ces proportions peuvent varier à l'intérieur de sols de même texture. Pendant l'été, la minéralisation, activée par la haute température, détruit une partie de l'humus et libère divers éléments minéraux utiles aux plantes.

L'eau est nécessaire à une minéralisation normale, mais une trop forte humidité peut la ralentir : certains micro-organismes sont plus sensibles à un excès qu'à un déficit en eau. Comme les sols du Québec sont plutôt froids et humides au printemps, la contribution du sol à l'approvisionnement en azote de la plante en début de saison est souvent déficitaire.

La matière humique a de multiples effets bénéfiques sur les cultures.

Par ses propriétés physico-chimiques, l'humus améliore la structure du sol, l'aération, le drainage, le taux d'humidité, la capacité de rétention d'eau, la température du sol ainsi que sa capacité tampon et d'échange cationique, la solubilisation et la complexation de différents ions, le pH, le potentiel rédox, l'interaction avec des enzymes dans le sol et la neutralisation des substances toxiques. Il augmente aussi l'efficacité d'absorption des ions par la plante.

Le pouvoir d'absorption de l'eau par l'humus est de quatre à six fois supérieur à celui de l'argile, caractéristique primordiale surtout dans les sols sableux où l'humus assure un minimum de réserve d'eau utile. Dans les sols argileux, l'humus améliore la structure, augmente la perméabilité à l'eau et à l'air et diminue les forces de cohésion entre les particules de sol ; il facilite donc le travail du sol. L'humus sert d'agent de liaison entre les particules de sol, favorisant ainsi la stabilisation de la structure. Il stabilise donc les terres légères et allège les terres fortes.

L'humus a un pouvoir adsorbant et une capacité d'échange cationique plus élevés que l'argile avec laquelle il forme le complexe (argilo-humique) adsorbant du sol. Il peut retenir de 250 à 450 milliéquivalent par 100 grammes, soit de quatre à dix fois plus de cations que l'argile, et constitue ainsi une réserve considérable d'ions pour le végétal. Ainsi, 2 % d'humus permet de retenir presque autant d'éléments nutritifs que 10 à 15 % d'argile et empêche ainsi le lessivage de certains éléments nutritifs.

La minéralisation de l'humus libère de l'azote, et cet apport n'est pas négligeable, atteignant 50 à 100 unités d'azote par an[1]. Cette minéralisation est accélérée par certaines pratiques culturales, mais il ne faut pas sacrifier la qualité d'un sol pour obtenir un tel bénéfice à court terme. Le bulletin technique No 13 « **La dégradation des sols agricoles, causes, effets, prévention et correction** » (Agdex 570) explique en détail comment contenir la vitesse de minéralisation.

La formation de l'humus est un processus de longue durée, il est beaucoup plus difficile de le rebâtir que de le maintenir. La minéralisation détruit en moyenne 1,5 % de la réserve en matière humique par an, un peu plus dans les sols légers (2 à 3 % par an) et un peu moins dans les sols lourds (0,5 – 1,5 %). L'aération du sol entraînée par des opérations culturales trop fréquentes (disquage, hersage, sarclage, etc.) augmente beaucoup le taux de minéralisation. Ainsi, les productions qui exigent des travaux supplémentaires

1 Giroux, M., 1986, MAPAQ

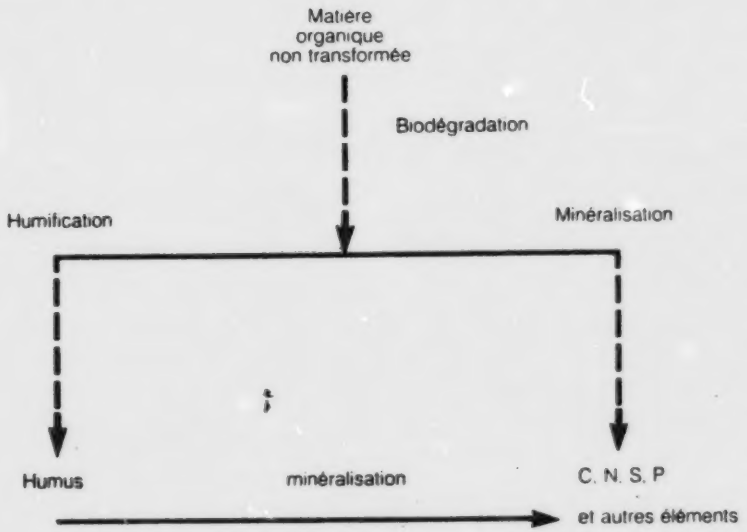


FIGURE 10 – **Cycle de la matière organique du sol**

(cultures sarclées : maïs, betterave sucrière, pomme de terre, etc.) peuvent favoriser une plus grande destruction de l'humus que les céréales. Par ailleurs, les cultures fourragères, en général, préservent l'humus.

Apports organiques

Le maintien du taux de la matière organique des sols dans la production de céréales exige le remplacement annuel d'environ 1 000 kilogrammes à l'hectare d'humus. Étant donné les effets bénéfiques de l'humus dans le sol, son maintien à un niveau convenable ou de préférence son augmentation constitue un des soucis qu'il faut garder à l'esprit en vue d'une meilleure production agricole. Les amendements organiques, qu'il s'agisse de fumiers, de lisiers, d'engrais verts et de résidus de culture, contribuent à des degrés variables au maintien de l'humus dans le sol (TABLEAU 19).

Fumiers et lisiers

Les fumiers sont constitués de résidus végétaux, de matières fécales et d'urine ; ils apportent une quantité appréciable d'azote au sol.

Les fumiers solides forment une excellente source de matière organique. Leur richesse en azote et en fibres constitue un bon compromis entre la quantité d'humus formé et la vitesse de décomposition. Environ la moitié de la matière sèche provenant des fumiers solides frais est convertie en humus.

Le fumier possède une bonne valeur en humus et a un effet bénéfique sur la structure du sol, sur son pouvoir complexant et sur sa capacité de rétention d'eau. Une application annuelle de 15 tonnes à l'hectare de fumier à 15 % de matière sèche permet de remplacer complètement l'humus minéralisé au cours de cette période.

Les lisiers (fumiers liquides) ne constituent pas un amendement organique efficace pour la production d'humus car ils ne contiennent pas assez de matière ligneuse et trop d'azote. Ils sont donc surtout une source d'azote.

Paille

La paille est une bonne source d'humus. Son rapport C/N élevé en fait un matériel lentement attaqué qui a donc une action assez prolongée. Par ailleurs, un apport supplémentaire d'azote est nécessaire pour compenser l'azote prélevé dans le sol pour l'humification.

Engrais verts

Les engrais verts sont constitués des plantes d'espèces diverses et arrivées à un degré de maturité variable, enfouies directement dans le sol. Les plantes jeunes, riches en sucres et en protéines, ont une action stimulante sur l'activité microbienne du sol, mais ne fournissent pratiquement aucun gain en humus. Les plantes âgées ont souvent un faible contenu en azote,ce qui peut créer une déficience en cet élément qui doit être compensée dans le sol. Le gain en matière humique est très lent.

Matières ligneuses

L'effet des sous-produits forestiers dépend de la nature et de la texture de ces résidus. À l'état pur, les matières ligneuses créent une carence en azote néfaste étant donné leur rapport carbone/azote (C/N) très élevé (variant de 55 à 800). Cependant, des travaux préliminaires indiquent que si on épand sur les résidus forestiers suffisamment de lisier ou de fumier, on peut abaisser le rapport carbone/azote (C/N) aux environs de 15 à 25 ; le mélange devient alors un amendement organique valable.

TABLEAU 19 — **Coefficient isohumique (rapport entre la quantité d'humus formé pour une quantité donnée de matière sèche ajoutée) et durée de la matière organique obtenue à l'aide de divers amendements**

Matière ajoutée	Coefficient isohumique	Résidu en matière organique (%)	
		Après un an	Après trois ans
Luzerne	0,25	—[1]	—[1]
Engrais verts jeunes	0,1 à 0,15	20	7
Paille	0,2 à 0,25	38	18
Fumier	0,4 à 0,5	60	33

Source : Adapté du bulletin technique No 11. La dégradation des sols agricoles : causes, effet, prévention et correction, p. 88-89 (1986)

1 — Information non disponible

ENSEMENCEMENT

Choix de l'espèce

Choix des cultivars

Choix de la semence

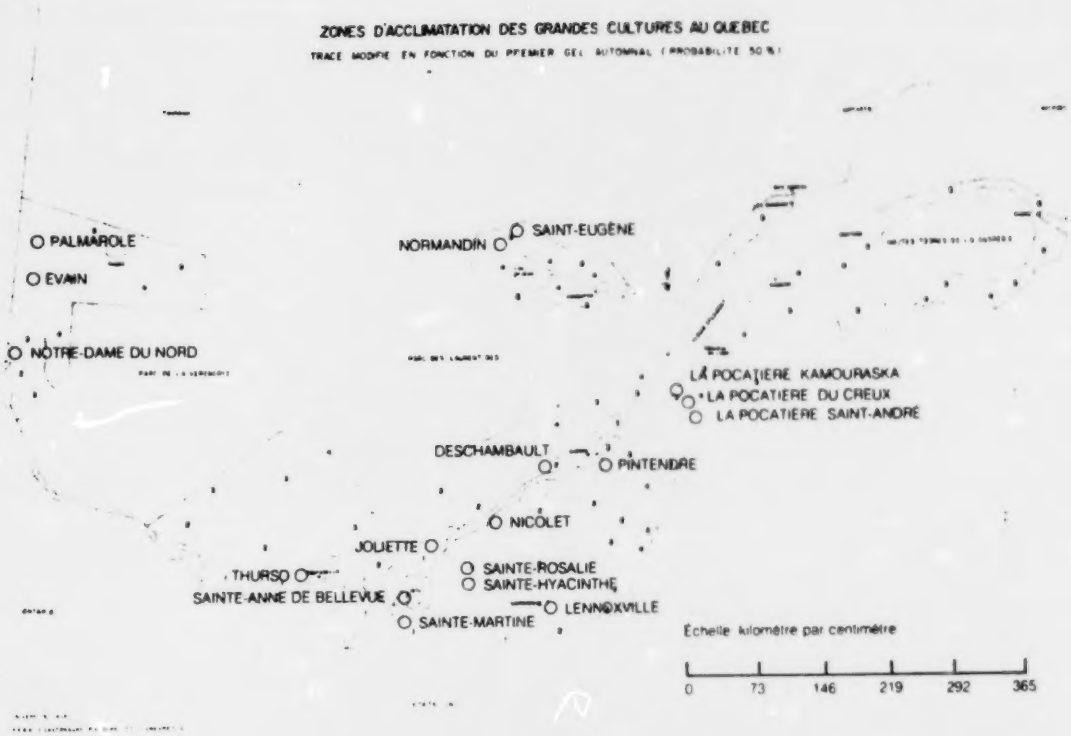
Semis

Réglage du semoir

Choix du semoir

Jean-Paul Jacob

L'ensemencement nécessite une chaîne de décisions. Chaque maillon est important : choix de l'espèce et du cultivar, type de semence, date, profondeur et dose de semis, réglage du semoir et finalement type de semoir utilisé. La bonne compréhension de ces différents maillons permet aux producteurs agricoles d'effectuer un ensemencement favorisant de hauts rendements.



RÉPARTITION DES STATIONS D'ESSAIS DE CÉRÉALES

Zone	Station
1	Sainte-Anne de Bellevue
	Thurso
	Saint-Hyacinthe (hâtif)
	Saint-Hyacinthe (tardif)
	Sainte-Martine
	Sainte-Rosalie
2	Joliette (hâtif)
	Joliette (tardif)
	Lennoxville
	Nicolet
	Deschambault
	Notre-Dame du Nord
3	Pintendre
	La Pocatière (Kamouraska hâtif)
	La Pocatière (Kamouraska tardif)
4	La Pocatière (Du Creux)
	La Pocatière (Saint-André)
	Palmarolle
	Evain
5	Normandin
	Kapuskasing
	Saint-Eugène

FIGURE 11 -- **Zones d'acclimatation des céréales au Québec**. Tracé établi à partir des relations phénologiques observées sur le territoire agricole et modifié en fonction du premier gel automnal (probabilité = 50 %). Y apparaissent les stations d'essais de céréales.

Choix de l'espèce

L'agriculteur doit choisir l'espèce de céréale à cultiver en fonction des besoins et des critères économiques, tout en respectant les exigences de chaque espèce.

Exigences climatiques

Le choix de l'espèce ou du cultivar doit tenir compte de la zone de culture. La carte ci-jointe illustre les zones d'acclimatation des grandes cultures au Québec (FIGURE 11).

L'orge est la céréale qui requiert le moins de jours sans gel pour parvenir à maturité, soit de 90 à 94 jours alors que l'avoine demande 96 à 100 jours. En pratique, ces deux céréales se cultivent dans toutes les régions agricoles du Québec. Le blé, quant a lui, requiert souvent plus de 105 jours pour atteindre sa maturité. Il n'est donc pas possible de le cultiver dans toutes les régions agricoles du Québec.

Le rendement des cultivars varie selon les zones et le CPVQ en tient compte dans ses essais. Ainsi dans la zone 1, on retrouve les postes d'essais de Saint-Anne-de-Bellevue, Saint-Hyacinthe, Sainte-Martine, Sainte-Rosalie et Thurso. Dans la zone 2, les postes de Joliette, Nicolet, Lennoxville, Deschambault et Notre-Dame du Nord. Dans la zone 3, les postes de Pintendre et La Pocatière basse altitude. Dans la zone 4, les postes de La Pocatière moyenne altitude et haute altitude, Palmarolle et Evain. Enfin, dans la zone 5, les portes de Kapuskasing, Saint-Eugène et Normandin.

Exigences édaphiques — les sols

Les exigences des différentes espèces diffèrent également quant aux caractéristiques de chaque sol (TABLEAU 20). Les céréales donnent de meilleurs rendements sur des sols riches et bien égouttés. Cependant, l'avoine s'adapte mieux que le blé et l'orge aux sols moins fertiles. L'orge est la céréale la plus sensible au mauvais égouttement de sol et à l'acidité. Par ailleurs, l'orge à six rangs tolère mieux que le blé les sables à faible réserve en eau utile.

TABLEAU 20 — **Exigences de culture des céréales**

Exigence	Avoine	Orge	Blé
Types de sols	loam, argile, sable	sable, loam, argile bien aérée	loam, argile bien aérée, riche en matière organique
Égouttement	moyen	bon à excellent	moyen à bon
pH toléré	5,5 à 7,0	6,0 à 7,0	6,0 à 7,0
pH optimum	6,2	6,5	6,3
Fertilité	bonne à moyenne	très bonne	très bonne surtout en potassium
Eau utile	faible à élevée	faible à élevée[1]	élevée
Nombre de jours pour parvenir à maturité au Québec	96 à 100	90 à 94	101 à 106

1 — L'orge à deux rangs exige un sol avec une réserve en eau utile plus élevée que l'orge à six rangs. Ceci s'explique par un nombre plus élevé de tiges résultant d'un plus fort tallage.

Choix des cultivars

Afin d'aider les producteurs à choisir leurs cultivars, le CPVQ publie à chaque année un feuillet donnant les noms des cultivars recommandés. Ces recommandations s'appuient sur les résultats de nombreux essais réalisés dans plusieurs stations réparties à travers la province. Les cultivars recommandés présentent les meilleurs potentiels de rendement.

Dans ces recommandations, le CPVQ indique les principales caractéristiques agronomiques de chaque cultivar, soit :

— le rendement
— le pourcentage d'écale pour l'avoine
— la longueur de la paille
— la précocité
— la résistance à la verse
— le calibre du grain (poids de 1000 grains)
— le poids spécifique (kg/hl)
— la dose de semis recommandée
— la réaction à différentes maladies

La comparaison des cultivars pour chacune de ces caractéristiques permet à l'agriculteur de faire un choix plus judicieux. Le rendement est détaillé pour les cinq zones de culture (FIGURE 11). Quant aux cultivars non recommandés, le CPVQ fait une mise en garde en mentionnant les principales raisons pour lesquelles ils ne sont pas retenus.

Choix de la semence

Une semence de qualité est essentielle à l'obtention de bons rendements. Une bonne semence doit avoir un pourcentage élevé de germination, être exempte de maladies et de mauvaises herbes et donner un rendement élevé. Les semences pedigrees garantissent cette norme élevée de qualité.

Semences pedigrees

Les semences pedigree sont divisées en cinq classes : **Sélectionneur, Sélect, Fondation, Enregistré et Certifié**. Dans chaque classe, on retrouve les catégories No 1 et 2 qui garantissent un pourcentage minimum de germination de 85 et 75 %. Les semences des classes **Sélectionneur et Sélect** servent exclusivement à la multiplication mais peuvent aussi se retrouver à l'occasion dans le commerce. Les semences de classe **Certifié** sont réservées uniquement à la production de grains pour l'alimentation.

Ces différentes classes de semences sont identifiées par des étiquettes bien distinctes, soit :

Étiquette blanche : semence **Fondation**
Étiquette mauve : semence **Enregistré**
Étiquette bleue : semence **Certifié**
Étiquette verte : mélange de céréales **Certifié**

Les tableaux 21 et 22 résument les normes légales des diverses catégories de semences.

Semences commerciales

Elles sont vendues sous le nom de « **Semence Canada No 1 ou No 2** ». Ces semences répondent à certaines normes édictées par la loi comme l'absence de graines étrangères et le pourcentage de germination. Comme dans le cas des semences pedigrees, on retrouve les catégories No 1 et No 2 qui exigent un minimum de 85 et 70 % de germination. L'authenticité de cette catégorie de semence n'est toutefois pas assurée car on ne peut pas l'identifier à un cultivar donné. Elles représentent donc un risque appréciable pour le céréaliculteur qui désire obtenir de hauts rendements.

Grains de ferme

L'utilisation comme semences des grains récoltés à la ferme présente un risque, à moins qu'elles proviennent d'un champ dont la semence était certifiée l'année précédente. Ces grains doivent obligatoirement être criblés, soumis à un test de germination et recevoir un traitement aux fongicides. Il n'y a donc pas d'économie à utiliser de telles semences.

Grains d'alimentation de l'Ouest canadien

Comme leur nom l'indique, ces grains de provende produits dans l'Ouest canadien, sont vendus au Québec après avoir été recriblés. Ces grains sont à **proscrire** : ils donnent des rendements souvent très inférieurs à ceux des semences pedigrees recommandées au Québec. De plus, ils sont généralement infestes de folle avoine ; cette mauvaise herbe est très difficile à détruire et sa répression se fait à un coût très élevé. Pour plus d'information sur ces grains, consulter le bulletin technique No 6 du CPVQ « **L'utilisation comme semence de l'avoine recriblée de l'Ouest (3 CW) est-elle une bonne affaire** » par G. Dupuis, 1984.

TABLEAU 21 **Résumé des normes légales pour la semence de blé tendre**

Catégorie	Nombre maximal de graines étrangères par kilogramme de semence[1]				Nombre maximal d'ergots par kilogramme de semences	Germination minimale (%)
	Mauvaise herbe	Orge, seigle, triticale	Autre espèce agricole incluant orge, seigle, triticale	Blé dur ambré		
Fondation No 1	2	0,2	0,5	0	1	85
Enregistré No 1	3	0,5	1	0	1	85
Certifié No 1	3	1	2	5	1	85
Fondation No 2	**4**	**1**	**2**	**0**	**8**	**75**
Enregistré No 2	**6**	**1**	**2**	**0**	**8**	**75**
Certifié No 2	**6**	**2**	**5**	**10**	**8**	**75**
Canada No 1	10	10	10	12	1	85
Canada No 2	20	20	20	24	8	70

1 — Les normes sont encore plus sévères pour certaines mauvaises herbes classées de type « primaire » et « secondaire », pour lesquelles la tolérance est zéro pour la semence No 1 **Fondation, Enregistré** et **Certifié**, et de 0,1 à 4 pour les autres catégories. La folle avoine n'est pas permise dans la semence. Des critères supplémentaires peuvent s'appliquer lors du classement.

TABLEAU 22 **Résumé des normes légales pour la semence d'orge et d'avoine[1]**

Catégorie	Nombre maximal de graines étrangères par kilogramme de semence[2]		Grain malade par kilogramme de semence		Germination minimale (%)
	Mauvaise herbe	Autre espèce agricole	Nombre maximal d'ergots	Pourcentage maximal de grains porteurs de charbon nu (orge)[3]	
Fondation No 1	2	1	1	2	85
Enregistré No 1	3	2	1	2	85
Certifié No 1	3	4	2	2	85
Fondation No 2	**4**	**2**	**8**	**4**	**75**
Enregistré No 2	**6**	**4**	**8**	**4**	**75**
Certifié No 2	**6**	**10**	**8**	**4**	**75**
Canada No 1	10	25	2	4	85
Canada No 2	20	50	8	6	70

1 — Des critères supplémentaires peuvent s'appliquer lors du classement.

2 — La folle avoine n'est pas permise dans la semence.

3 — Cette restriction ne s'applique pas au grain traité avec un fongicide efficace homologué. La présence de charbon nu est vérifiée par le test des embryons.

Semis

Date de semis

La date de semis est l'élément le plus important dans l'obtention d'un rendement élevé. Les céréales germent dès que la température du sol atteint 3°C. En principe, on peut semer lorsque le sol est suffisamment ressuyé pour permettre un travail convenable de la machinerie agricole. L'état du drainage et la texture du sol ont donc un effet déterminant sur la réalisation des semis hâtifs. Le grain semé trop profondément en sol froid et humide manque d'oxygène et ne peut bénéficier de la chaleur quotidienne. Il faut donc semer un peu moins profond en semis hâtifs. L'orge est plus sensible que l'avoine et le blé au sol froid et trop humide.

Les dates optimales de semis diffèrent selon les zones agroclimatiques (TABLEAU 23). Elles doivent nécessairement être rajustées en fonction des conditions printanières et de l'état des sols.

La date de semis a un effet important sur les différentes caractéristiques agronomiques des céréales et plus particulièrement sur le rendement comme le démontrent les tableaux 24 et 25. Le semis hâtif augmente généralement la longueur de la paille et il rallonge la saison de végétation. Le poids de 1 000 grains et le poids spécifique sont plus élevés en semis hâtif tandis que le pourcentage d'écale de l'avoine diminue. Cependant, l'effet de la date de semis varie selon les zones (TABLEAU 26). L'influence sur le rendement est plus grande dans la région de Montréal qu'ailleurs au Québec ce qui laisse supposer que la disponibilité de l'eau est un facteur plus limitatif que la longueur de la saison de croissance.

L'effet de la date de semis varie aussi selon le cultivar (FIGURE 12).

TABLEAU 23 — **Dates de semis suggérées pour les différentes espèces de céréales en fonction des zones agroclimatiques**

Espèce	Zone agroclimatique				
	1	2	3	4	5
Orge à six rangs	24 avril	27 avril	2 mai	6 mai	10 mai
Orge à deux rangs	19 avril	22 avril	28 avril	2 mai	7 mai
Avoine	26 avril	29 avril	4 mai	8 mai	12 mai
Blé	19 avril	22 avril	29 avril	4 mai	9 mai

TABLEAU 24 — **Effet de la date de semis sur diverses caractéristiques du blé, de l'orge et de l'avoine au Québec (CPVQ, 1971-1980)**

Caractéristique	Blé		Orge		Avoine	
	Semis hâtif	Semis tardif (n)[1]	Semis hâtif	Semis tardif (n)	Semis hâtif	Semis tardif (n)
Hauteur des plantes (cm)	84	81 (48)	85	80 (49)	96	94 (46)
Maturité (jours)	101	97 (46)	91	86 (46)	96	90 (44)
Poids à l'hectolitre (kg)	73,1	71,6 (42)	59,8	57,8 (49)	43,4	42,0 (36)
Poids de 1 000 grains (g)	32,9	31,3 (45)	35,9	34,3 (50)	30,0	28,8 (46)
Pourcentage d'écale	—	—	—	—	26,5	27,2 (46)
Rendement moyen kg/ha	2850	2254 (47)	3314	2815 (49)	2877	2505 (47)

1 — Nombre de comparaisons incluses dans ces moyennes.

Source: Dupuc, J.P. 1982. Rapport présenté au comité des Céréales

TABLEAU 25 — **Rendement de l'orge et du blé (tous cultivars) au Québec suivant les dates de semis**

Date de semis	Rendement (kg/ha)	Date de semis	Rendement (kg/ha)
Orge		**Blé**	
Avant le 30 avril	4187	Avant le 30 avril	3736
30 avril au 15 mai	3658	30 avril au 15 mai	3114
Après le 15 mai	2550	Après le 15 mai	2702

Adapté de CHEZ D. 1978 79 80. Mise au point technique sur la production de céréales.

TABLEAU 26 — **Effet de la date de semis sur le rendement des espèces de céréales dans diverses zones agroclimatiques du Québec (1971 à 1980)**

Zone[1]	Blé		Orge		Avoine	
	Semis Hatif	Semis Tardif (n)[2]	Semis Hâtif	Semis Tardif (n)	Semis Hâtif	Semis Tardif (n)
A	2860	1823 (19)	3309	2394 (19)	2580	1999 (19)
B	3455	2827 (12)	4132	3598 (11)	4048	3410 (11)
C	2674	2783 (3)	3910	3514 (3)	3598	3540 (3)
D	1315	1471 (4)	1551	1704 (4)	1641	1803 (4)
E	2572	2325 (3)	2090	2628 (5)	2060	1635 (4)
F	2862	2700 (6)	3668	3196 (7)	2676	2981 (6)
Ensemble du Québec	2850	2254 (47)	3314	2815 (49)	2877	2505 (47)

Source Dubuc, J.P. 1982. Rapport présenté au comité des Céréales.

1 — Les zones agroclimatiques englobent les sites suivants; à noter que le zonage a été modifié depuis.
A : Région de Montréal, Ormstown, Thurso, Saint-Hyacinthe, Sainte-Martine, Saint-Grégoire
B : Saint-Louis-de-Pintendre, Deschambault, La Pocatière, argile à basse altitude
C : Lennoxville
D : La Pocatière, sols de moindre qualité à plus haute altitude
E : Joliette
F : Normandin, Lac-à-la-Croix

2 — Le semis hâtif est effectué aussitôt que le sol permet un semis en conditions idéales.
Le semis tardif est effectué de 2 à 3 semaines plus tard, à la date où la majorité des agriculteurs de la région décident de semer.
On constate que dans plusieurs régions, les agriculteurs tardent trop à semer.

3 — Nombre d'essais comparatifs inclus dans la moyenne.

Dose de semis

La dose de semis en kilogrammes à l'hectare dépend de la densité de grains à semer (grains par mètre carré), du calibre de la semence (poids de 1 000 grains) et de son pourcentage de germination.

Densité de grains à semer

Le nombre de grains à semer au mètre carré est fonction du pourcentage de germination de la semence, et du nombre d'épis visé par mètre carré (TABLEAU 27).

TABLEAU 27 — **Nombre de grains à semer en fonction du nombre optimum d'épis à la récolte**

Espèce	Nombre de grains à semer au mètre carré[1]	Nombre optimum d'épis à la récolte (Épi/m²)
Avoine	325 à 375	400 à 450
Blé	**375 à 450**	**450 à 550**
Orge à six rangs	350 à 400	400 à 450
Orge à deux rangs	**350 à 400**	**600 à 700**

1 — Semence germant à 85 %.

Les densités les plus fortes sont utilisées pour des semis relativement tardifs ou sur les sols dont les réserves en eau utile sont élevées (loams et argiles) alors que les densités plus faibles le sont pour des semis hâtif ou sur des sols sableux. Si de mauvaises conditions de levée sont prévues, de fortes doses de semis peuvent être utilisées. On doit réduire le nombre de grains de 30 % lorsque la céréale sert de plante abri.

ZONE	A B C D E F	A B C D E F	A B C D E F	A B C D E F	A B C D E F
GAIN	19 11 3 4 5 7	5 5 3 4 3	4 4 2 3 2	4 4 2 3 2	19 11 3 4 5 7
PERTE	33 11 14 -3 -26 12	11 15 10 -31 4	15 16 10 -26 9	-21 19 -3 -13 9	52 15 8 -19 -18 10
	ORGE LOYOLA	ORGE LAURIER	ORGE BRUCE	ORGE BEDFORD	ORGE BONANZA
ZONE	A B C D E F	A B C D E F	A B C D E F	A B C D E F	A B C D E F
GAIN	4 4 2 2 2	19 11 3 4 3 6	3 4 2 1 2	4 5 3 2 3	4 4 2 2 2
PERTE	22 25 8 1 2	61 10 9 -24 25 14	28 21 -16 14 6	9 30 -4 18 18	6 30 16 2 -3
	BLÉ LAVAL 19	BLÉ CONCORDE	BLÉ ANKRA	BLÉ SINTON	BLÉ DUNDAS
ZONE	A B C D E F	A B C D E F	A B C D E F	A B C D E F	A B C D E F
GAIN	3 3 1 2 1	19 12 3 4 3 6	19 10 3 3 3 6	3 3 1 1 1	4 4 2 2 2
PERTE	5 9 16 10 -15	72 22 -9 -2 19 8	47 19 -15 -5 -8 1	3 15 5 -6 -2	-9 27 -2 -14 -21
	BLÉ CASAVANT	BLÉ OPAL	BLÉ GLENLEA	AVOINE LAMAR	AVOINE MANIC
ZONE	A B C D E F	A B C D E F	A B C D E F	A B C D E F	A B C D E F
GAIN	5 5 3 3 3	19 11 3 4 4 6	4 4 2 2 2	19 9 3 4 4 6	19 10 3 4 4 6
PERTE	10 24 4 0 -17	27 25 2 4 12 -8	1 27 -3 4 -17	39 19 -2 -7 24 -9	20 11 4 -12 28 -15
	AVOINE LAURENT	AVOINE DORVAL	AVOINE OXFORD	AVOINE ALMA	AVOINE SCOTT

FIGURE 12 — **Pourcentage de gain(+) ou de perte(–) occasionné par un semis hâtif par rapport à un semis tardif dans les zones A à F (le nombre de comparaisons est noté sous chaque zone) selon les cultivars (1971 à 1980). Pour description des zones voir le tableau 26.**

Calibre de la semence (Poids de 1 000 grains)
La grosseur du grain varie selon l'espèce et le cultivar utilisé. Plus la semence est grosse, plus la dose de semis doit être augmentée pour obtenir la densité de semis désirée.

Pourcentage de germination
Le nombre de grains à semer au mètre carré est recommandé sur la base d'un taux de germination à 85 %. Ce pourcentage est le minimum exigé pour les semences pedigrees de catégorie No 1. Lorsqu'on a en main les résultats des tests de germination, on peut ajuster la dose de semis en se servant de la formule suivante :

$$\text{Dose de semis corrigée (kg/ha)} = \frac{\text{Dose de semis recommandée (kg/ha)} \times 85}{\text{Pourcentage de germination de la semence utilisée}}$$

Exemple

Dose de semis recommandée = 150 kg/ha
Pourcentage de germination de la semence utilisée 90 %

$$\text{Dose de semis corrigée (kg/ha)} = \frac{150 \text{ kg/ha} \times 85}{90} = 142 \text{ kg/ha}$$

Calcul de la dose de semis
La dose de semis d'un cultivar indiquée dans le feuillet de recommandations, est basée sur une densité donnée. En l'absence de ce feuillet ou lors du calcul d'une dose de semis pour une densité différente de celle utilisée, on peut choisir une des techniques suivantes :

— Se servir du tableau 28 qui indique la dose de semis en fonction du poids de 1 000 grains et de la densité de semis.

— Utiliser la formule suivante :

$$\text{Dose de semis (kg/ha)} = \frac{\text{Densité (grains/m}^2\text{)} \times \text{calibre des grains (g/1000 grammes)}}{100}$$

Exemple

On veut ensemencer de l'orge Léger à une densité de 375 grains par mètre carré, son poids de 1 000 grains est de 38.1 grammes

$$\text{Dose de semis} = \frac{375 \times 38.1}{100} = 143 \text{ kg/ha}$$

On peut par la suite corriger selon le taux de germination.

TABLEAU 28 — **Dose de semis (kilogrammes à l'hectare) en fonction du poids de 1 000 grains et de la densité au mètre carré**[1]

Poids de 1 000 grains (g)	Densité de semis (grain/m)								
	300	325	350	375	400	425	450	475	500
28	84	91	98	105	112	119	126	133	140
30	90	97	105	112	120	128	135	143	150
32	96	104	112	120	128	136	144	152	160
34	102	110	119	127	136	145	153	162	170
36	108	117	126	135	144	153	162	171	180
38	114	123	133	142	152	162	171	181	190
40	120	130	140	150	160	170	180	190	200
42	126	136	147	157	168	179	189	200	210
44	132	143	154	165	176	187	198	209	220
46	138	150	161	172	195	196	207	219	230
48	144	156	168	180	204	204	216	228	240
50	150	163	175	188	213	213	225	238	250

1 — Semence germant à 85 %.

Profondeur de semis

La semence ne doit pas être déposée trop profondément dans le sol. Une profondeur de deux centimètres est préférable pour un semis hâtif dans un sol bien préparé. Pour un semis tardif et un sol sec, on peut semer jusqu'à quatre ou cinq centimètres de profondeur afin de permettre à la graine d'atteindre l'humidité.

Un semis trop profond entraîne une élongation du rhizome entre le grain et le plateau de tablage (FIGURE 13). Les réserves du grain deviennent alors insuffisantes pour assurer une levée normale. Ce problème est plus marqué pour des semis très hâtifs alors que le sol est encore froid.

Un lit de semence égal et peu profond est indispensable à la réalisation d'un semis uniforme à deux centimètres : dans un sol hersé trop profondément, les disques du semoir s'enfoncent et enfouissent la semence beaucoup trop en profondeur.

Le semis doit être voisin de la base du lit de semence, tout au plus à un centimètre au-dessus, afin d'assurer un approvisionnement en eau normal au moment de la germination. L'absence de façons culturales primaires favorise encore plus la remontée capillaire mais peut retarder le ressuyage de l'excès d'eau avant le semis.

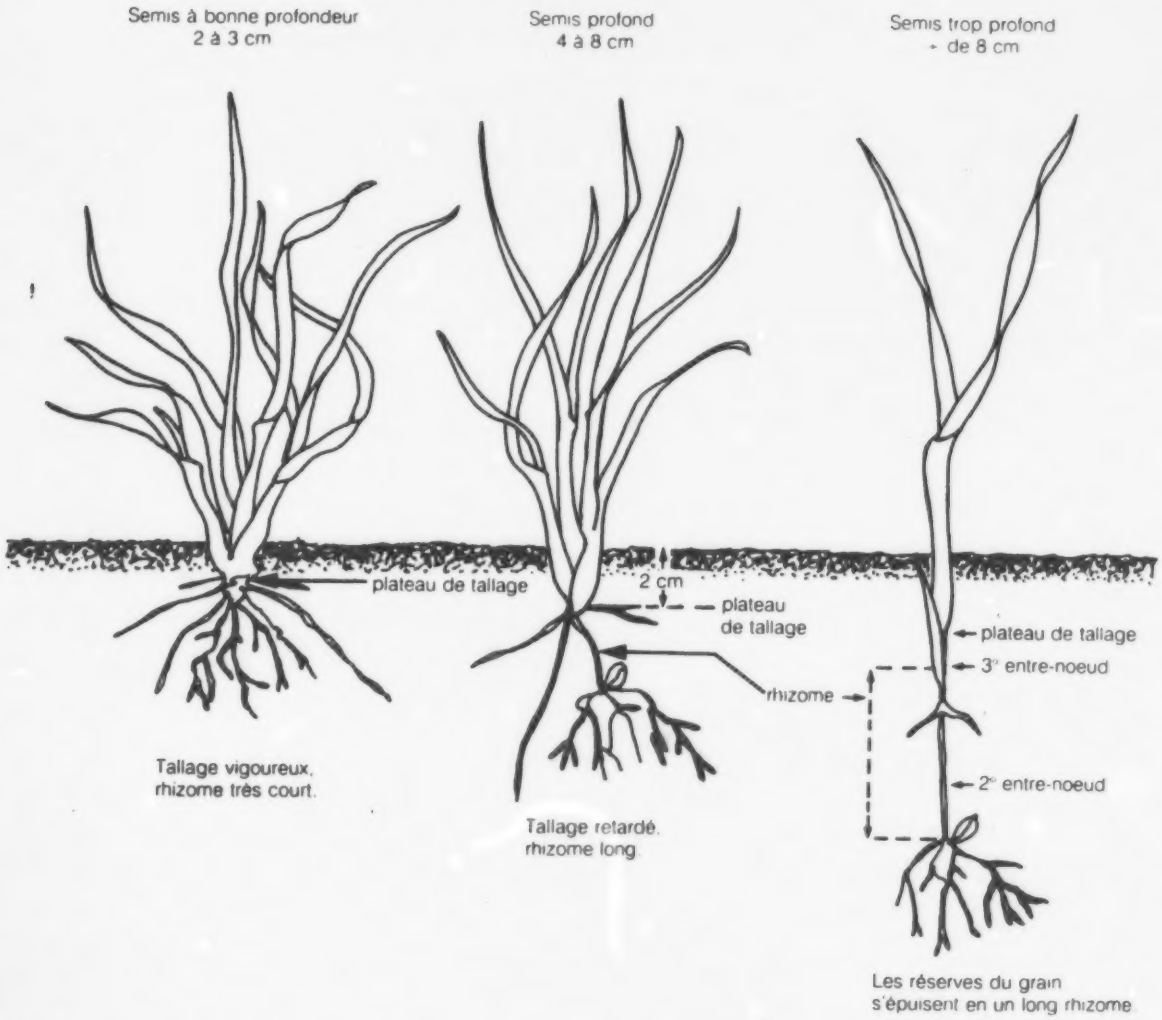


FIGURE 13 — **Influence de la profondeur de semis sur le développement des parties souterraines et sur le tallage du blé**

Réglage du semoir

Pour appliquer les doses de semis recommandées, il est essentiel de bien régler le semoir. Le réglage est encore plus nécessaire avec l'avènement de cultivars dont le poids de 1 000 grains diffère beaucoup l'un de l'autre. Le traitement des semences aux fongicides constitue un autre facteur qui influence le semis puisqu'il rend le grain plus rugueux.

Le réglage permet de s'assurer que la dose de semis du semoir correspond à la dose requise. Il doit être fait pour chaque espèce ou cultivar et pour chaque lot de semence si le poids de 1 000 grains diffère. Les méthodes suivantes peuvent être utilisées.

Méthode par la pesée

Cette méthode consiste à peser la semence nécessaire pour couvrir une surface donnée, en l'occurence 1/1 000 d'hectare (10 mètres carrés). Les étapes sont les suivantes :

— Mesurer l'écartement entre les disques du semoir. Exemple : 178 millimètres ou 152 millimètres.

— Mesurer une distance de 56,2 mètres[1] si l'espacement des disques est de 178 millimètres ou 65,8 mètres[1] si les disques sont espacés de 152 millimètres. Pour un écartement différent, calculer :

$$\text{distance (m)} = \frac{10\,000}{\text{Écartement (mm)}}.$$

— Détacher 4 tubulures qui amènent le grain aux disques du semoir (deux de chaque côté).

— Verser le grain dans le semoir.

— Mettre le semoir en marche quelques mètres avant d'arriver au piquet de départ et vérifier si le grain descend librement dans chaque tubulure.

— Attacher un sac de polyéthylène à chaque tubulure détachée, une fois rendu vis-à-vis le piquet de départ.

— *Semer la distance mesurée à la même vitesse que celle utilisée au champ.*

— Recueillir la semence de chaque sac et peser avec une balance graduée en grammes. Calculer ensuite la moyenne.

— Le poids moyen dans chacun des sacs, exprimé en grammes, de la semence recueillie indique la dose de semis en kilogrammes à l'hectare.

— Ajuster le semoir si nécessaire.

On peut aussi régler le semoir sans le déplacer. Le principe reste le même. Il suffit de procéder comme suit :

— Déterminer la circonférence de la roue (en mètre) du semoir en mesurant la distance franchie pour un tour.

— Soulever le semoir à une extrémité, celle de la roue d'entraînement.

— Déterminer le nombre de tours de roue nécessaires en divisant 56,2 par la circonférence de la roue (en mètre) si les disques sont distants de 178 millimètres, 65,8 si les disques sont distancés de 152 millimètres ou 98 s'ils sont espacés de 102 millimètres.

— Attacher un sac de polyéthylène à chaque tubulure détachée puis tourner le nombre de tours nécessaires.

— Les trois dernières étapes sont les mêmes que dans la méthode précédente.

Cette deuxième façon est moins précise car on ne tient pas compte de l'effet de glissement de la roue en conditions réelles et de la difficulté de reproduire la vitesse d'avancement utilisée au champ.

Méthode basée sur le comptage des grains

Cette méthode de réglage du semoir consiste à vérifier si le nombre de grains semés au mètre linéaire correspond à celui que l'on désire semer (TABLEAU 29). C'est la seule méthode possible si l'on ignore le poids de 1 000 grains de la semence.

1 — 56,2 et 65,8 représentent les distances à franchir pour ensemencer une surface de 1/1000 d'hectare avec des semoirs dont les écartements sont de 178 et à 152 millimètres respectivement.

TABLEAU 29 — **Nombre de grains à semer par mètre linéaire en fonction de l'écartement des disques et du nombre de grains désiré par mètre carré**

Écartement	Nombre de grains désirés par m²								
(mm)	300	325	350	375	400	425	450	475	500
102	31	33	36	38	41	43	46	48	51
127	38	41	44	47	51	54	57	60	64
152	45	49	53	57	61	64	68	72	76
178	53	58	62	67	71	76	80	85	89

Pour effectuer ce réglage, il faut procéder de la façon suivante :

— Ajuster le semoir en fonction de la dose à semer.
— Verser du grain dans le réservoir vis-à-vis les disques que l'on veut vérifier; on peut en choisir deux de chaque côté.
— Mettre le semoir en marche afin de s'assurer que le grain descend librement.
— Passer sur une toile à vitesse normale et compter le nombre de grains sur un mètre de longueur
— À l'aide du tableau 29, évaluer le nombre de grains par mètre carré.
— Effectuer les corrections nécessaires.

Choix du semoir

Il existe plusieurs types de semoir et il est important, avant d'effectuer un achat, d'en analyser les différentes caractéristiques.

Appareils sillonneurs

Les semoirs conventionnels sont munis de disques sillonneurs simples alors que les plus récents modèles peuvent être munis de disques doubles (FIGURE 14). Ces derniers assurent une meilleure ouverture du sillon et un dépôt plus précis de la semence.

Plusieurs semoirs européens sont équipés de sabots (socs). Ceux-ci font un très bon travail si le lit de semence a été parfaitement émietté et si les débris de végétation sont peu abondants. Les Européens les utilisent le plus souvent conjointement avec une herse animée par la prise de force. Ces semoirs ne sont donc pas adaptés au semis sur retour de prairie ou de maïs-grain si le sol est préparé conventionnellement.

Mécanisme d'ajustement de la profondeur

Ce mécanisme permet de déposer la semence à la profondeur requise ; il peut atténuer l'effet d'une préparation inégale ou trop profonde du sol. On retrouve différents types de mécanismes. Certains semoirs sont munis de cercles métalliques (« beignes ») fixés aux faces extérieures des disques sillonneurs (FIGURE 15A) alors que d'autres ont des roues plombeuses individuelles fixées à l'arrière de chaque unité de semis (FIGURE 15B). Les roues plombeuses ont pour rôle d'assurer un bon contact de la semence avec le sol, particulièrement en sol sec. Elles peuvent également contribuer à écraser les mottes qui se forment dans certains sols cohésifs.

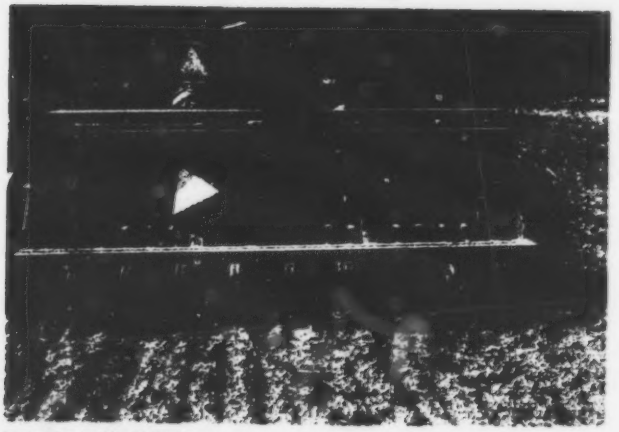


Photo Jacob, J.P., MAPAQ

FIGURE 14 — **Semoir conventionnel muni de disques sillonneurs doubles.**

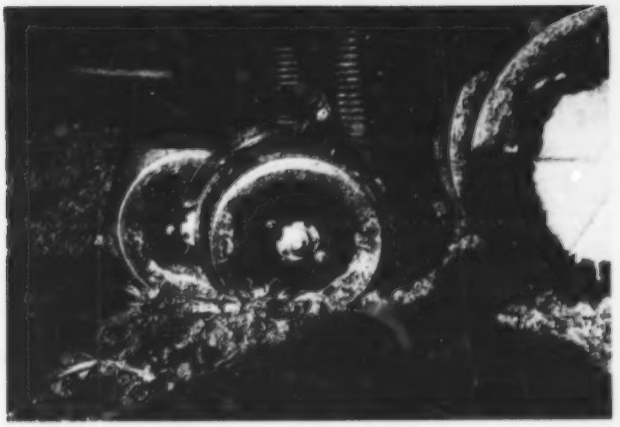


Photo: Jacob, J.P., MAPAQ

FIGURE 15A — **Disque sillonneur muni d'un cercle métallique qui régularise la profondeur du semis**

Photo: Normandin, F., MAPAQ

FIGURE 15B — **Roues plombeuses individuelles. Elles régularisent la profondeur de semis et assurent le tassement du sol.**

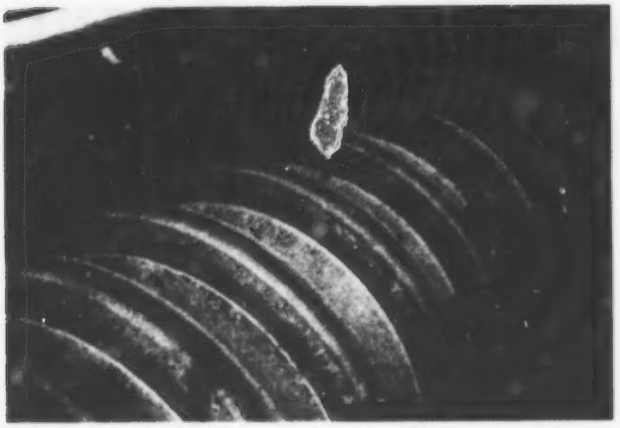


Photo: Normandin, F., MAPAQ

FIGURE 15C — **Roues plombeuses regroupées. Elles assurent le tassement du sol.**

Mécanisme assurant le tassement du sol

Les roues plombeuses raffermissent le sol vis-à-vis la semence et assurent ainsi une levée plus uniforme. Certains semoirs possèdent des roues individuelles à chaque unité de semis (FIGURE 15B) alors que d'autres ont des roues regroupées sur lesquelles repose toute la charge du semoir (FIGURE 15C). En absence de roue plombeuse, il peut être utile, dans certain cas, d'attacher un rouleau tasseur derrière le semoir (voir la partie « Gestion et travail du sol »).

Mécanisme de distribution des engrais

Les semoirs équipés de ce mécanisme déposent l'engrais près de la semence, assurant aux racines une meilleure disponibilité du phosphore surtout en sol pauvre. Certains modèles déposent l'engrais avec la semence alors que d'autres placent l'engrais légèrement à côté et au-dessous du grain. Ce dernier mode est plus sécuritaire. Dans un cas comme dans l'autre, les quantités à appliquer doivent être limitées, surtout pour les formules d'engrais riches en azote, en potassium et en phosphates ammoniacaux. Voir la section « Fertilisation ».

Écartement des disques

La majorité des semoirs ont des écartements de 178 millimètres entre les disques quoique ceux à 152 millimètres deviennent de plus en plus populaires. Les nouveaux semoirs ont des écartements encore plus réduits (90 à 120 millimètres). Ce type de semoir permet de répartir plus uniformément le grain sur le rang.

Des essais réalisés en Europe démontrent que les rendements de l'orge de printemps peuvent être augmentés de 1,5 à 6,5 % en réduisant les écartements de 200 à 125 millimètres. Aux États-Unis, des essais réalisés sur le blé d'hiver en 1982 et 1983 démontrent qu'avec des écartements de 102 millimètres on obtient de 10 à 12 % plus de rendements qu'avec ceux de 203 millimètres.

Semoir pneumatique

Ce type de semoir distribue la semence par des conduits pressurisés (FIGURE 16). La semence est entrainée vers les sabots par un jet d'air.

Semis à la volée

Les semis peuvent aussi être réalisés à la volée soit par avion soit avec des épandeurs d'engrais. Cependant, ces types de semis sont moins avantageux que ceux sur sillons. Des expériences démontrent qu'il faut augmenter les doses de semis et passer une herse pour enfouir la semence. On ne peut donc semer plus tôt ; de plus, la levée est souvent moins uniforme.

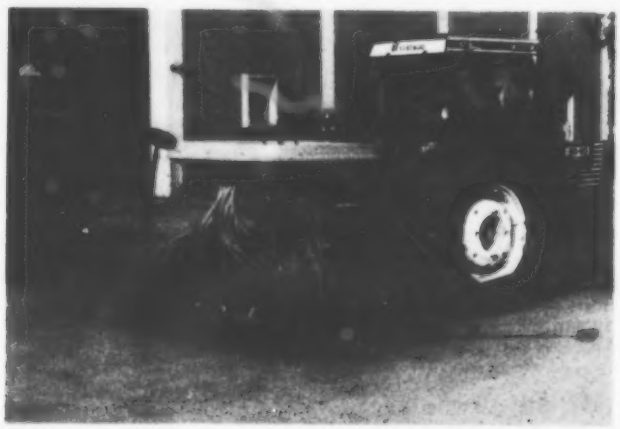


Photo: Fortin, S., MAPAQ

FIGURE 16 — **Semoir pneumatique**

FERTILISATION

Généralités

Modes et temps d'application des fertilisants

Principaux éléments fertilisants

Analyse foliaire

Fumiers et lisiers

Recommandations de fertilisation

André Brunelle et Gordon Barnett

Généralités

L'apport d'éléments fertilisants est essentiel à l'obtention de rendements élevés. La quantité de fertilisant à ajouter est basée sur le contenu du sol en éléments assimilables et sur les exigences de la plante pour produire un rendement optimum.

Au Québec, les doses optimales d'engrais sont établies en fonction des augmentations de rendement obtenues pour chaque niveau de fertilité du sol. Ce sont ces travaux de calibration qui sont à la base des grilles de fertilisation. Ces grilles sont périodiquement mises à jour selon l'évolution des techniques utilisées.

L'analyse du sol est nécessaire pour déterminer le niveau de fertilité. Elle doit être faite annuellement sur les sols sableux en rotation et à tous les deux ans sur les sols plus lourds. Dans certains cas, l'analyse foliaire permet un suivi plus précis des besoins de la culture. Voir le **Bulletin technique No 11 « Guide d'utilisation de l'analyse foliaire pour la production agricole »** Agdex 533.

La culture des céréales exporte du sol des quantités importantes d'éléments fertilisants particulièrement lorsque la paille n'est pas laissée au champ (TABLEAU 30). Les valeurs présentées à ce tableau ne sont qu'indicatives et peuvent varier avec les conditions de croissance, les niveaux de fertilité du sol et les cultivars. Les quantités prélevées peuvent varier en fonction des rendements obtenus. Ces données peuvent présenter un certain intérêt ; elles ne peuvent cependant pas servir de base à la fertilisation : la fertilisation doit être établie en fonction des grilles de fertilisation. En effet, seule la calibration permet de prédire la réponse d'une culture donnée à un apport de fertilisant compte tenu du niveau de fertilité du sol.

Modes et temps d'application des fertilisants

Les céréales de printemps sont des plantes annuelles qui atteignent leur maturité assez rapidement. La plus grande partie des engrais peut donc être appliquée au printemps immédiatement avant ou au moment du semis. Après le semis, seule l'application d'azote en postlevée peut parfois être nécessaire.

La fertilisation avant les labours d'automne permet d'incorporer le phosphore et la potasse à toute l'épaisseur de la couche de labour. Par contre, cette pratique augmente le risque de rétrogradation du phosphore particulièrement en sol acide et peut entraîner une perte de potassium par lessivage en sol de faible capacité d'échange. De plus, les sols pauvres en phosphore bénéficient d'applications localisées de cet élément au moment du semis. En sols riches et peu sensibles à la perte de potasse par lessivage, les apports d'entretien peuvent être faits l'automne. En définitive, la fertilisation d'automne est parfois moins avantageuse que la fertilisation de printemps puisque l'efficacité des engrais phosphatés et potassiques risque d'être réduite de 5 à 30 %.

Fertilisation localisée

La fertilisation localisée consiste à appliquer une partie des engrais à proximité de la semence au moment du semis. Cette pratique est avantageuse dans les sols pauvres en phosphore assimilable et/ou très acides. En effet, le phosphore est peu mobile dans le sol et facilement immobilisé par les composés de fer et d'aluminium qui abondent dans les sols de faible pH. La localisation du phosphore près de la semence favorise une plus grande assimilation. La présence

TABLEAU 30 — **Quantité approximative d'éléments nutritifs prélevée par les céréales (kilogrammes à l'hectare) pour un rendement donné**

	N	P_2O_5	K_2O	Mg	Ca	S
Avoine : 2500 kg/ha						
Grain	51	18	15	2,9	2,2	5,1
Paille	26	13	81	8,1	8,8	8,1
Total	77	31	96	11,0	11,0	13,2
Blé : 3200 kg/ha						
Grain	85	32	21	7,5	2,7	5,3
Paille	27	6	64	5,3	11,2	6,9
Total	112	38	85	12,8	13,9	12,2
Orge : 3200 kg/ha						
Grain	67	27	23	4,7	2,7	5,3
Paille	27	10	74	5,3	13,6	6,7
Total	94	37	97	10,0	16,3	12,0

Adapté de Soil and Plant Analysis
A. S. L. Agricultural Laboratories Inc. VA. U.S.A.

d'azote sous forme ammonium exerce aussi un effet synergique sur l'absorption du phosphore. L'apport localisé de phosphate mono ou bi-ammoniacal favorise un meilleur enracinement et un établissement plus rapide de la plante.

La décomposition initiale de l'urée et à un degré moindre, des phosphates ammoniacaux provoque une augmentation temporaire mais considérable du pH pouvant nuire grandement à l'établissement de la plante. Les applications localisées de ces engrais doivent donc être limitées à un niveau sécuritaire (TABLEAU 31). De plus, un excès de sels solubles au voisinage des racines crée une augmentation de la pression osmotique qui contrecarre l'absorption de l'eau, causant ainsi un dessèchement des racines. C'est pourquoi les applications d'éléments fertilisants (muriate de potasse, nitrate d'ammonium) doivent, elles aussi, être limitées. Ces quantités peuvent être augmentées si l'engrais est déposée à côté et sous le niveau de la semence.

En résumé :

— L'urée n'est pas recommandée en application localisée pour la culture des céréales en raison des risques élevés de toxicité ammoniacale (forte remontée du pH) sauf à très faible dose (10 kilogrammes à l'hectare d'azote). La même règle s'applique pour les engrais composés à base d'urée.

— Les phosphates ammoniacaux favorisent un bon établissement de la plante, particulièrement en sols déficients en phosphore. Le phosphate bi-ammoniacal amène lui aussi une remontée temporaire mais moins importante du pH que celle causée par l'urée. Enfin, le phosphate mono-ammoniacal entraîne lui aussi une phytotoxicité ammoniacale mais à un degré encore moindre que celle du phosphate bi-ammoniacal. C'est donc l'engrais à privilégier lors d'une application localisée.

— Le superphosphate (0-20-0) et le supertriple (0-46-0) ne sont pas très toxiques pour les racines. En conséquence, il n'y a pas de limite maximale établie pour ces deux engrais.

— Le nitrate d'ammonium et le muriate de potasse sont moins toxiques que les phosphates ammoniacaux ou l'urée. Il faut quand même limiter les quantités appliquées en raison des risques de salinité qu'ils engendrent.

— Les oligo-éléments augmentent la toxicité des engrais. Les quantités maximales prévues pour chaque type d'engrais doivent être réduites si les formules contiennent des oligo-éléments.

Fertilisation à la volée

Une grande partie et parfois la totalité des engrais peuvent être appliqués à la volée au printemps avant le semis. Il est nécessaire d'enfouir dès que possible les engrais à base d'urée afin d'éviter les pertes par volatilisation qui se produisent lorsque l'engrais est laissé en surface. Dans les quelques heures qui suivent l'application, l'urée se transforme selon l'équation suivante :

$$CO(NH_2)_2 + 2\,H_2O \xrightarrow{\text{uréase}} 2\,NH_3 + CO_2$$

Urée + Eau $\xrightarrow{\text{Enzyme}}$ Gaz ammoniacal + Bioxyde de carbone

Si l'urée n'est pas enfouie, une partie se perd sous forme de gaz ammoniacal. Cette perte varie de 5 à 25 % de l'azote appliqué selon la durée de temps chaud et sec qui suit l'application. Par contre, l'incorporation au sol dans les 12 heures qui suivent l'épandage, limite les pertes à des niveaux acceptables. Notons qu'une pluie d'environ cinq millimètres peu après l'application suffit à entraîner l'urée dans le sol et à éviter la perte par volatilisation.

TABLEAU 31 — **Doses d'application sécuritaire d'azote (semoir combiné)**

Source d'azote	Doze d'azote	
	Sable et loam sableux	Loam et argile
Phosphate bi-ammoniacal (18-46-0)	20 kg/ha de N ou 35 kg/ha de N + K_2O	30 kg/ha de N ou 55 kg/ha de N + K_2O
Urée (45-0-0)	10 kg/ha de N ou 30 kg/ha de N + K_2O	10 kg/ha de N ou 30 kg/ha de N + K_2O
Autres sources	35 kg/ha de N ou 55 kg/ha de N + K_2O	45 kg/ha de N ou 70 kg/ha de N + K_2O

Adapté de « Field Crop Recommendations, 1986. Publication 296, Ontario Ministry of Agriculture and Food

Note Le « Cornell Field Crops Handbook » fait état de recommandations semblables.
Si l'engrais appliqué contient des oligo-éléments, les doses sécuritaires sont moins élevées. Le bore est particulièrement toxique.

Fertilisation foliaire

D'une façon générale, il n'est ni pratique et ni économique d'apporter les éléments majeurs nécessaires aux céréales par fertilisation foliaire. La quantité d'éléments apportée par chaque pulvérisation doit être limitée afin de prévenir les brûlures du feuillage. Il faudrait donc une douzaine de passages pour fertiliser adéquatement une culture céréalière établie sur un sol de fertilité moyenne. Des études menées en Ontario[1] indiquent que l'application des éléments majeurs (N, P, K) par fertilisation foliaire n'augmente pas le rendement des céréales plus qu'une fertilisation équivalente au sol. L'efficacité des engrais est la même. Par contre, les engrais foliaires sont plus onéreux et engendrent des frais d'application plus élevés. Les applications foliaires sont cependant à privilégier pour la correction des carences en oligo-éléments.

Fertilisants liquides appliqués au sol

Les fertilisants liquides ou solides ont une efficacité semblable lorsqu'il sont appliqués au sol[1]. À quantité égale, ils ont le même effet sur le rendement. L'aspect pratique et le coût sont donc les deux seuls critères qui permettent à l'agriculteur d'opter pour la forme liquide ou solide.

Fertilisation fractionnée

Dans un sol de fertilité moyenne ou élevée, la totalité des engrais phospho-potassiques peut être appliquée à la volée en présemis. Par contre, l'application localisée de phosphates ammoniacaux au moment du semis s'avère souvent bénéfique, particulièrement en sol à faible teneur en phosphore assimilable.

Finalement, une partie de l'azote peut être appliquée en postlevée selon l'espèce cultivée, le régime des pluies, le type de sol et les objectifs poursuivis par l'agriculteur.

1 — Ontario Ministry of Agriculture and Food, 1983. Factsheet no 83-080, « Foliar and liquid fertilizers-Field crops »

Principaux éléments fertilisants

Azote

La quantité d'azote à apporter à une culture de céréales est difficile à évaluer pour les raisons suivantes :

— Le reste d'azote présent dans le sol au printemps varie selon les types de sols, le régime des pluies et le gel hivernal. La percolation de l'eau à travers le sol au cours de l'automne et au printemps est responsable de l'entraînement des nitrates en profondeur. Cette percolation varie en fonction des paramètres énumérés plus haut. Il n'est donc pas possible de fournir des données valables car peu d'études ont été faites sur ce sujet au Québec. D'ailleurs, les études menées en Europe indiquent que ces quantités d'azote changent d'une année à l'autre et d'une région à l'autre. En conséquence, plusieurs échantillonnages seraient nécessaires tous les printemps afin d'établir le bilan azoté d'une région donnée.

— Certaines études effectuées au Québec[1] montrent que l'azote provenant des engrais n'est pas totalement perdu d'une année à l'autre. Ainsi l'effet résiduel peut produire chez le blé un gain de rendement allant jusqu'à 20 % et parfois plus, en fonction de l'année et des doses d'azote administrées l'année précédente.

— La pluviosité totale, de même que la distribution des pluies en cours de végétation influencent le lessivage des nitrates. Une pluie abondante et prolongée cause un entraînement plus considérable des nitrates qu'une même pluviométrie répartie en plusieurs précipitations.

— L'azote libéré en cours de saison varie avec la teneur en matière organique du sol mais est plus précisément corrélée avec la fraction dite « facilement minéralisable ».

— L'apport ou le prélèvement de la culture précédente (TABLEAU 32).

— La connaissance préalable du seuil critique d'azote susceptible de causer la verse dans un champ donné.

— L'espèce et le cultivar choisi. On ajuste l'apport d'azote en fonction du taux de protéine désiré : faible pour l'orge brassicole, élevé pour le blé panifiable.

1 — Isfan, D. — Résultats non publiés

Compte tenu de tous ces impondérables, il est préférable (dans la situation actuelle) d'utiliser comme point de départ, les doses d'azote recommandées à la suite des essais de calibration menés au Québec. Les quantités préconisées par les grilles de fertilisation peuvent ensuite être ajustées en fonction des objectifs visés et des conditions particulières de la saison et du champ. Voir chapitre « Recommandation de fertilisation ».

TABLEAU 32 — **Correction de la fertilisation azotée en fonction du précédent cultural**

Nature du matériel enfoui	Contribution azotée kg/ha N
Prairie contenant moins de 33 % de légumineuses	0
Prairie contenant de 33 à 50 % de légumineuses	+ 20
Prairie contenant de 50 à 100 % de légumineuses	+ 40
Légumineuses établie l'année du labour	+ 10 à + 40 (Selon le volume enfoui)
Céréales (paille laissée au champ)	– 15 à – 25[1] (2,5 kg N par tonne de paille à l'hectare)
Céréales (paille récoltée)	0
Pomme de terre	0
Maïs-grain	– 20 à – 25[1] (selon le volume enfoui)
Maïs ensilage	0
Betterave	+ 20
Soya	+ 10 à + 30
Pois et haricots	+ 20

1 — L'azote résiduel du sol peut compenser un peu ce déficit en initiant la décomposition à l'automne. L'épandage d'un supplément d'azote à l'automne pour accélérer la décomposition de la matière organique n'apparaît pas nécessaire. La correction se fait par un apport d'azote supplémentaire au printemps.

Objectif de rendement

Les grilles étant un point de départ, elles doivent être utilisées de façon raisonnée. Elles sont conçues de façon à obtenir un rendement optimum et une récolte non versée sur la plupart des sols avec une régie conventionnelle de culture. Si on vise des rendements plus élevés avec une régie intégrée ou intensive, les grilles de fertilisation demeurent une excellente base de travail. Même en régie intégrée, l'efficacité de l'azote décroît en approchant du rendement maximum.

Application fractionnée

La décision de fractionner ou non l'application de l'azote repose sur les considérations suivantes :

Espèce cultivée et besoin spécifique
De façon générale, il n'est pas utile de fractionner l'azote appliqué sur une culture d'avoine en raison des faibles quantités nécessaire. Cependant, il peut être avantageux de fractionner l'application de l'azote sur une culture de blé ou d'orge.

Nature du sol
Pour une même précipitation, les sols qui ont une faible capacité de rétention en eau (sols sableux et faibles en matière organique) se saturent sur de plus grandes profondeurs. À titre d'exemple, une pluie de 2,5 centimètres peut saturer les 30 premiers centimètres d'un sol sableux, les 15 premiers centimètres d'un sol de texture moyenne et les 10 premiers centimètres sur un sol à forte capacité de rétention en eau (argilo-limoneux et/ou riche en matière organique). L'entraînement des nitrates est donc plus grand sur les sols de faible capacité de rétention en eau (sols sableux) que sur les sols de texture moyenne ou lourde.

Temps d'applications
Règle générale, l'azote est plus efficace lorsqu'il est appliqué en présemis ou au moment du semis. Pour les cultures peu exigeantes (avoine) ou pour les cultures d'orge menées en régie conventionnelle, l'application d'azote se fait avant ou au moment du semis.

Sur le blé et l'orge, un supplément d'azote (15 à 25 kilogrammes à l'hectare peut être appliqué en postlevée (stade 2 feuilles, stade 12 de l'échelle de Zadoks) lorsque les conditions climatiques favorisent un entraînement important des nitrates. Dans les sols à faible capacité de rétention en eau (sables,sables loameux), cet apport supplémentaire d'azote est reporté vers la fin du tallage (Zadoks 27 à 30). Ce rajustement de la date d'application de l'azote élimine la prolifération des talles végétatives inutiles et favorise la montaison d'un plus grand nombre d'épis bien formés.

Niveau d'intensification
Les cultures d'orge et de blé de printemps menées en régie intensive bénéficient généralement d'une application d'azote en postlevée. Cette application se fait à la fin tallage (ZADOKS 28) de façon à favoriser la montée d'un maximum d'épis. Une exception peut être faite pour le blé de printemps panifiable qui profite d'une application de 20 à 30 unités d'azote entre les stades 35 (allongement de la tige) et 45 (gonflement) de l'échelle de Zadoks ; c'est-à-dire une à deux semaines après la fin du tallage. Cet apport d'azote supplémentaire comble les besoins pendant le pic de consommation qui se situe au stade gonflement (stade 45 de l'échelle de Zadoks), augmentant ainsi le rendement et la teneur en protéines du grain.

Chaque cultivar de blé panifiable peut avoir des exigences particulières qui doivent être satisfaites avec rigueur.

Phosphore

Les plantes absorbent le phosphore sous forme minérale $H_2PO_4^-$ et HPO_4^{--} selon que le milieu est acide ou alcalin. De très petites quantités de phosphore organique peuvent aussi être absorbées. Le phosphore « assimilable » est cependant très peu soluble. Sa concentration dans la solution du sol est de l'ordre de quelques parties par million et souvent moins de une partie par million. Le phosphore étant très peu mobile dans le sol, le placement localisé (en bandes) d'une partie de la fertilisation phosphatée peut dans certain cas augmenter les rendements, particulièrement dans les sols pauvres en cet élément. Les phosphates ammoniacaux sont indiqués à cet égard puisqu'ils favorisent l'établissement de la plante. Le phosphate mono-ammoniacal (M.A.P.) a de plus l'avantage de présenter un plus faible risque de toxicité ammoniacale que le phosphate biammoniacal (D.A.P.). Ces risques s'élèvent dans les sols à faible capacité d'échange (C.E.C.). Un pH à l'eau situé entre 6,0 et 6,8 maintient une disponibilité maximale du phosphore dans le sol.

Potasse

Le potassium favorise la rigidité de la paille et la vigueur des plantes. Cet élément aide donc à prévenir la verse et contribue au remplissage du grain. Les prélèvements par la plante augmentent graduellement en cours de végétation. Pour cette raison, il n'est pas nécessaire de localiser la potasse près des racines, le volume exploré par les racines croît avec l'âge de la plante et lui permet ainsi de satisfaire ses besoins en potassium.

Le potassium est retenu sous forme cationique par le complexe d'échange du sol. Il est donc à l'abri du lessivage sauf dans les sols très poreux et de très faible capacité d'échange cationique (moins de 10 milliéquivalents par 100 grammes de sol). Étant donné l'importance du prélèvement potassique par les tiges des plantes, il faut tenir compte de l'exportation du potassium si les tiges ou les pailles de la récolte précédente n'ont pas été retournées au sol (TABLEAU 30).

Magnésium et soufre

Peu de travaux de recherche font état de carence en magnésium affectant le rendement des céréales. En sols pauvres en magnésium (moins de 50 kilogrammes à l'hectare), de fortes fertilisations potassiques peuvent induire ou accentuer une carence en magnésium. Lorsque le magnésium assimilable dose moins de 100 kilogrammes à l'hectare et que le sol est acide, le chaulage à la chaux dolomitique est le moyen le plus économique de relever le niveau de magnésium.

Les études menées au Québec ne permettent pas de statuer de façon précise sur la fertilisation soufrée (Martel et Zizka, 1977). Règle générale, l'application de fumier dans la rotation prévient l'apparition de carence en cet élément. D'autres études québécoises indiquent que la quantité de soufre apportée par les pluies satisfait les besoins des céréales et prévient, à toute fin utile, l'apparition de carence (Mnkeni et Mackenzie, 1981). Une teneur suffisante en matière organique contribue à réduire les risques de carence puisque sa minéralisation comble une partie importante des besoins de la plante en soufre.

Le soufre assimilable se retrouve sous forme SO_4^{--} dans le sol. À pH assez élevé (plus grand que 6,0), l'ion sulfate est peu retenu par les colloïdes du sol et par conséquent sujet au lessivage. Par contre, il est plus facilement retenu par les horizons généralement plus acides qui se retrouvent sous la couche de labour. Malgré cela, la teneur en soufre tend à diminuer en profondeur. La teneur en SO_4^{--} de l'horizon de surface est susceptible de varier au cours de la saison. À l'heure actuelle, les recherches menées au Québec montrent que les applications de soufre ne se traduisent généralement pas par des augmentations de rendement. Ces données pourraient éventuellement changer. À tout évènement, les analyses foliaires apportent un diagnostic fiable qui permet d'éviter les situations de carence.

Manganèse, cuivre, bore

Les oligo-éléments ne présentent pas de façon générale de problèmes sérieux pour la culture des céréales au Québec. Des applications occasionnelles de fumier dans la rotation suffisent à prévenir les carences en ces éléments. Le surchaulage pourrait exceptionnellement causer des carences en manganèse dans les sols sableux.

En Ontario, des carences en manganèse sont parfois rapportées sur des cultures d'avoine faites en sols sableux ou dans des sols organiques. L'avoine est plus sensible à cette carence que l'orge ou le blé. L'apparition de taches grises ovales sur les feuilles de l'avoine caractérise la carence en manganèse (Mn). Chez l'orge et le blé, cette carence se manifeste par un jaunissement des feuilles alors que les nervures demeurent d'un vert légèrement plus foncé. Ces observations doivent être confirmées par une analyse foliaire et une analyse du sol avant toute intervention. Une application foliaire de 8 kilogrammes à l'hectare de $MnSO_4$ dans 200 litres d'eau apporte généralement une correction adéquate. Un sol déficient en manganèse peut être corrigé par l'addition de 30 à 60 kilogrammes à l'hectare de $MnSO_4$. L'apport de

manganèse au sol n'est pas toujours la solution idéale en raison des quantités nécessaires et de l'immobilisation rapide qui se produit à pH élevé. La carence en manganèse est peu probable au Québec en raison de l'acidité des sols et particulièrement de celle des horizons situés sous la couche de labour qui sont peu ou pas touchés par le chaulage. En définitive, les risques de toxicité par le manganèse sont plus élevés que les risques de carence dans les sols acides du Québec.

En Ontario, on rapporte quelques carences en cuivre (Cu) dans des sols très sableux. Ces carences se corrigent par application foliaire ou se préviennent par fertilisation granulaire au sol. Etant donné que la disponibilité du cuivre augmente en milieu acide, la très grande majorité des sols du Québec fournissent suffisamment de cuivre pour la culture des céréales. Toutefois, les sols sableux surchaulés peuvent souffrir d'une carence en cuivre.

La carence en bore est peu probable dans les céréales. Cet élément peut même être toxique dans certains cas. Il faut éviter d'appliquer avec les engrais plus de un kilogramme à l'hectare de bore quand une céréale est utilisée comme plante-abri lors de l'établissement de plantes fourragères. Par contre, les céréales ne sont pas endommagées par les applications de bore faites sur les cultures précédentes si les doses appliquées ne dépassent pas celles recommandées. L'application de bore en traitement localisé (en bandes ou avec le grain) est à éviter.

Analyse foliaire

L'analyse foliaire permet un diagnostic rapide des désordres originant de l'alimentation minérale de la plante. Elle n'est pas en mesure à l'heure actuelle de servir à une approche globale de la fertilisation. L'échantillonnage des plantes se fait de 25 à 35 jours après la levée ou encore à l'épiaison. Dans le premier cas, toute la partie aérienne de la plante est récoltée en prenant soin d'amasser 60 à 80 plants. Les échantillonnages effectués à l'épiaison se font sur les deux feuilles supérieures et également sur 60 à 80 plants.

Un résultat d'analyse qui se situe à l'intérieur de l'intervalle de suffisance est considéré normal (TABLEAU 33). Des valeurs supérieures au maximum suggéré signifient que l'élément se trouve en surabondance sans nécessairement causer une réduction de rendement. Les concentrations toxiques ne sont pas présentées ici. Les seuils critiques correspondent aux teneurs à partir desquelles des baisses de rendement peuvent se manifester en raison d'une carence.

TABLEAU 33 — **Interprétation des analyses foliaires des céréales**

Élément	Intervalle de suffisance[1]	Seuil critique[2]
Élément majeur et secondaire		
N	2,00 — 3,00 (% ms)	2,00 (% ms)
P	0,20 — 0,40 "	0,10 "
K	1,50 — 3,00 "	1,00 "
Ca	0,20 — 0,50 "	— "
Mg	0,15 — 0,50 "	0,15 "
S[3]	0,20 — 0,50 "	0,10 — 0,15 "
Oligo-élément		
B	3 — 20 (ppm ms)	3 (ppm ms)
Cu	5 — 25 "	3 "
Fe	25 — 100 "	— "
Mn	25 — 100 "	15 "
Mo	— "	— "
Zn	20 — 70 "	10 "

1 — Tiré du bulletin technique no 11 « Guide d'usage du diagnostic foliaire pour la production agricole » CPVQ 1985.
Basé sur un échantillon provenant de la partie aérienne, 25 à 30 jours après la levée ou les 2 feuilles supérieures lors de l'épiaison.

2 — Field Crop Recommendations, OMAF, Pub 296, 1987.
Basé sur un échantillon formé de 2 feuilles supérieures recueillies à l'épiaison.

3 — Tiré de Soil and Plant Analysis A. et L., Agricultural Laboratories Inc. U.S.A.

Fumiers et lisiers

L'azote des fumiers et des lisiers se retrouve sous formes minérale et organique. L'azote minéral est immédiatement disponible à la plante mais sujet aux pertes par lessivage, dénitrification et volatilisation. La partie organique ne risque pas d'être immédiatement perdue mais doit être minéralisée avant d'être utilisée par la plante. L'azote ainsi rendu disponible, une fois le sol réchauffé, s'ajoute à celui provenant de la minéralisation de la matière organique du sol et entraîne souvent une disponibilité supérieure aux besoins de la céréale, provoquant quelquefois la verse.

D'autre part, l'azote minéral représente des proportions variables de l'azote total, variant autour de 50 % dans les fumiers solides et jusqu'à 70 % dans les lisiers.

Les lisiers sont appliqués de préférence au printemps afin de maximiser l'utilisation de l'azote et d'éviter les pertes par lessivage qui résultent des applications d'automne. Par contre, les fumiers sont utilisés sur les cultures dont le besoin en azote se prolonge tard en saison (Exemple : maïs). La fertilisation des céréales avec des fumiers amène des risques de verse élevés particulièrement en sols riches en matière organique. Par contre, une application de fumier ou de lisier prévient à toute fin pratique tout risque de carence en éléments mineurs.

Comptabilisation de la valeur fertilisante des fumiers et lisiers

Le calcul de la valeur fertilisante des fumiers et des lisiers repose sur trois éléments principaux :

— Seule l'analyse peut fournir une évaluation fiable de la teneur en éléments fertilisants. À défaut d'une analyse, une corrélation entre le taux de matière sèche et la teneur en éléments peut être utilisée pour le lisier de porc. Cette corrélation est en général satisfaisante pour l'azote et le phosphore mais inadéquate pour le potassium.

— Le coefficient de disponibilité. Ce chiffre exprime le pourcentage d'un élément donné qui sera disponible au cours de la saison suivant l'application. Pour les fumiers, ce coefficient est d'environ 50, 25 et 50% pour l'azote, le phosphore et la potasse alors que pour les lisiers, les valeurs correspondantes sont d'environ 70, 75 et 100 % (Référer au « **Manuel de gestion agricole des fumiers** » du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec).

— Les pertes en azote. Celles-ci sont fonction du temps d'épandage (automne ou printemps) de la nature du sol et du délai avant l'enfouissement (Référer au **Manuel de gestion agricole des fumiers**).

TABLEAU 34 — **Teneur moyenne en éléments autres que N, P et K des fumiers de diverses espèces animales**[1]

Élément	Bovin laitier	Bovin de boucherie	Mouton	Porc	Porc[2]	Volaille
Matière sèche(%)[3]	19,2 (±0,5)*	20,4 (±0,7)	31,9 (±0,9)	4,7 (±1,1)	2,78	43,0 (±1,1)
Ca (kg/t ms)	12,2 (±0,7)	9,8 (±1,1)	17,6 (±1,4)	27,3 (±1,7)	28,4	52,4 (±1,7)
Mg (kg/t ms)	3,6 (±0,1)	2,4 (±0,2)	4,1 (±0,2)	10,4 (±0,2)	12,3	8,31 (±0,2)
Na (kg/t ms)	2,0 (±0,1)	0,8 (±0,2)	3,6 (±0,3)	9,9 (±0,3)	31,0	4,9 (±0,31)
S (kg/t ms)[4]	4,0	3,8	—	—	—	6,1
Cu (ppm ms)	279 (±66)	118 (±73)	320 (±73)	167 (±66)	444	426 (±85)
Mn (ppm ms)	218 (±66)	188 (±73)	232 (±73)	300 (±66)	306	396 (±104)
Zn (ppm ms)	402 (±52)	79 (±58)	103 (±58)	666 (±52)	1500	425 (±67)
Fe (ppm ms)	1685 (±426)	1086 (±477)	2219 (±477)	2255 (±426)	5550	1292 (±674)
Mo (ppm ms)	3,43 (±0,58)	1,70 (±0,65)	3,01 (±0,65)	7,16 (±0,58)	—	3,51 (±0,91)
B (ppm ms)	20 (±2,15)	15 (±2,41)	17 (±2,47)	15 (±2,15)	—	22 (±2,78)

Sources : 1 – Tiré de : [illegible] 1984. Agr. Can.
2 – Adapté de : Anderson H. et al. Can. J. Plant Sci. [illegible]
3 – Pourcentage moyen de matière sèche des fumiers analysés
4 – Documents inédits (MAPAQ)
* Écart moyen

En résumé, l'utilisation judicieuse des fumiers ou lisiers dans la culture des céréales dépend des conditions suivantes :

— Il est nécessaire de comptabiliser la valeur fertilisante à partir de l'analyse d'un échantillon représentatif.

— Il faut tenir compte de la proportion d'azote minéral afin d'éviter les pertes indues. À cet égard, il est plus avantageux d'appliquer les lisiers le printemps si le sol le permet. L'application au printemps ne doit cependant pas être privilégiée si elle retarde le semis ou augmente les risques de compaction.

— Les fumiers conviennent mieux aux sols pauvres en matière organique car les risques de verse sont moins grands. De même, les fumiers conviennent moins bien aux céréales que les lisiers en raison du risque de verse élevé qu'ils engendrent.

— L'application locale de fumier sur les parties moins riches en humus, comme les bordures des planches de labour permet une restauration du sol sans risque de verse, en raison de la faible teneur en matière organique de ces endroits. Cette pratique mérite d'être popularisée.

Éléments secondaires et oligo-éléments des fumiers

Aux doses habituelles, les fumiers et les lisiers apportent des quantités appréciables d'éléments secondaires et oligo-éléments au sol. Le tableau 34 montre des valeurs obtenues à partir d'échantillons prélevés au Québec. Bien qu'indicatives et malgré leur variabilité, ces données illustrent la valeur fertilisante des fumiers et lisiers ; leur application permet en général de prévenir toute carence en éléments secondaires et oligo-éléments dans la culture des céréales. Comme dans le cas des éléments majeurs, la teneur en éléments secondaires et oligo-éléments semble elle aussi reliée à la teneur en matière sèche de ces matériaux.

Recommandations de fertilisation

Conditions particulières

Avoine

L'avoine préfère les sols de texture moyenne et argileuse. Elle tolère mieux les sols sableux ou les terrains mal égouttés que les autres céréales. Cependant, elle demande un pH eau de 5,5 à 7,0 avec un optimum d'environ 6,2. Le tableau 35 indique les quantités d'éléments nutritifs requises pour la culture de l'avoine.

Blé

Le blé préfère les sols qui ont une forte capacité de rétention d'eau utile comme les argiles, les loams argileux et les loams riches en matière organique. Les sols sableux lui conviennent moins. Le blé demande un sol bien drainé mais supporte mieux que l'orge les sols mal égouttés. Le sol doit avoir un pH eau de 6,0 à 7,0 avec un optimum de 6,3. Les exigences nutritives de la culture du blé sont présentées au tableau 35.

Orge

L'orge s'adapte à une grande gamme de texture de sol. Par contre, elle supporte mal les sols à égouttement insuffisant. Cette culture s'accomode de pH eau de 6,0 à 7,0 avec un optimum aux environs de 6,5. Le tableau 35 présente les recommandations de fertilisation de l'orge.

Recommandations de fertilisation

TABLEAU 35 — **Fertilisation des céréales (semis pur)**

AZOTE

	Recommandation (kg ha^{-1} N)		
	Avoine	Blé	Orge
	40	100	70

PHOSPHORE

	Analyse (kg ha^{-1} P)	Recommandation kg ha^{-1} P_2O_5 Toutes espèces
P –	0 à 40	80
P +	41 à 80	65
M –	81 à 120	55
M +	121 à 160	45
R –	161 à 250	30
R +	251 et plus	20

POTASSIUM

	Analyse (kg ha^{-1} K)	Recommandation kg ha^{-1} K_2O Toutes espèces
P –	0 à 50	90
P +	51 à 100	75
M –	101 à 150	60
M +	151 à 200	45
R –	201 à 250	30
R +	251 et plus	20

Légende

P – Pauvre, niveau inférieur
P + Pauvre, niveau supérieur
M – Moyen, niveau inférieur
M + Moyen, niveau supérieur
R – Riche, niveau inférieur
R + Riche, niveau supérieur

Remarques spécifiques sur l'azote

— La fertilisation azotée doit être ajustée en fonction du précédent cultural (voir TABLEAU 32), de l'historique du champ, de la date de semis et du taux de la matière organique.

— Le nitrate d'ammonium permet d'éviter le risque de perte d'azote par volatilisation lors de l'application en postlevée.

— Pour l'avoine, là où la verse est moins probable, on peut augmenter la fertilisation azotée de 20 unités pour un total de 60.

— Pour les blés panifiables, selon les cultivars, il peut être nécessaire d'augmenter cette dose jusqu'à 120 ou 150 unités d'azote. Une partie de l'azote est appliquée entre les stades montaison et gonflement (Zadoks 35-45).

— Pour les blés à pâtisserie, l'application totale d'azote ne devrait pas dépasser 80 à 100 unités à l'hectare selon le cultivar.

— Si on emploie un raccourcisseur de paille et un cultivar à paille forte, la fertilisation azotée de l'orge peut être augmentée de 30 unités pour un total de 100. Le surplus n'est rentable que là où on peut compter sur de bons rendements.

— Si l'orge est destinée à la malterie, ne pas dépasser 30 à 50 kilogrammes à l'hectare d'azote dépendant du précédent cultural et du taux de matière organique du champ.

Remarques générales

— Ces recommandations sont valables pour les engrais appliqués à la volée avant le semis.

— L'application localisée d'engrais est recommandable (phosphore surtout). Consultez le tableau 31 pour les quantités maximales.

— L'utilisation des fumiers et lisiers n'est pas recommandée sur l'avoine en raison des besoins en azote peu élevés de cette culture.

— Les fumiers peuvent contribuer jusqu'à 50 % du besoin en azote du blé et de l'orge. Les lisiers peuvent fournir de 75 à 100 % des besoins en azote du blé et 75 % de ceux l'orge. Dans les deux cas, la valeur fertilisante des amendements doit être calculée aussi précisément que possible et déduite des besoins totaux de la culture.

— Pour les céréales semées comme plante abri, **voir le bulletin « Plantes fourragères, culture »**.

— À défaut d'analyse, ajuster la fertilisation potassique à la hausse si les tiges de la culture ont été exportées (TABLEAU 30).

MAUVAISES HERBES

Impacts des mauvaises herbes

Principales mauvaises herbes

Répression

Bruno Maltais et Gilles Leroux

Les produits recommandés dans ce bulletin sont enregistrés. La loi et les règlements sur les pesticides peuvent en tout temps entraîner le retrait ou des modifications dans l'utilisation d'un produit.

Impacts des mauvaises herbes

Les mauvaises herbes nuisent aux céréales de plusieurs manières. Elles réduisent le rendement, interfèrent avec les opérations de la récolte, diminuent la qualité du grain et augmentent les risques de mauvaise conservation lors de l'entreposage. Enfin, les mauvaises herbes sont des réservoirs de plusieurs maladies.

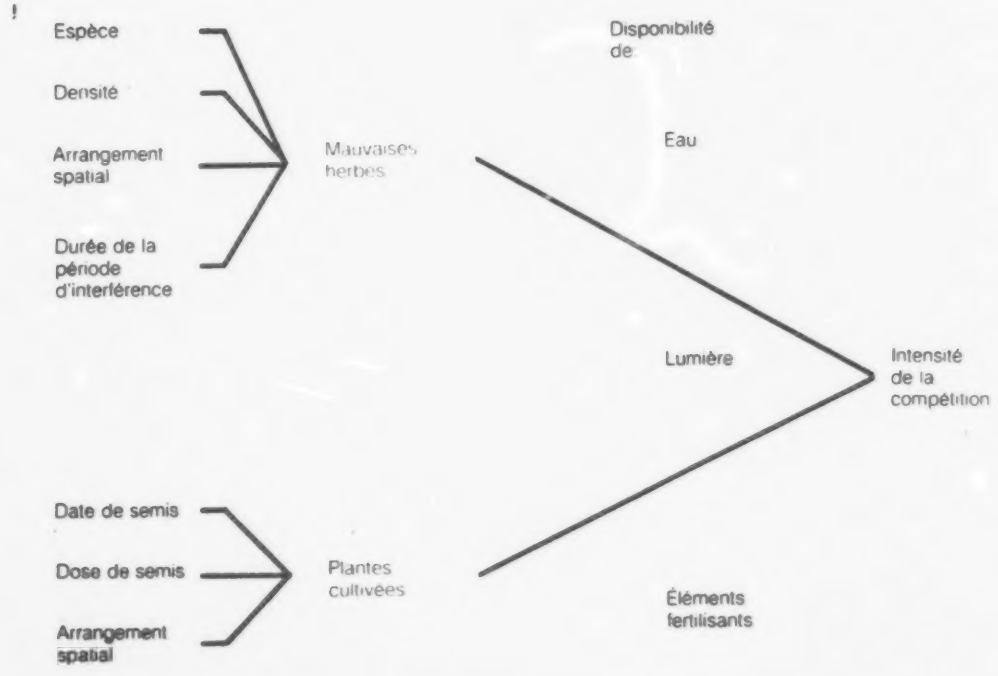
Compétition

La présence de mauvaises herbes dans les champs de céréales au cours de la saison de croissance peut entraîner des baisses de rendement plus ou moins importantes selon l'intensité de la compétition. La figure 17 illustre le phénomène général de la compétiton. La diminution du rendement de la culture est le résultat de l'interaction des divers facteurs en présence.

Les céréales tolèrent assez bien la présence des mauvaises herbes. Semées tôt, elles croissent et forment rapidement un couvert végétal. Ces caractéristiques leurs donnent un avantage sur les mauvaises herbes et les rendent moins sensibles à la compétition que d'autres espèces plus lentes à s'établir comme le maïs ou la betterave sucrière.

Les céréales sont plus sensibles à la compétition au cours des premiers stades de leur développement. La période la plus critique se situe généralement entre les stades de trois à six feuilles. Le désherbage avant cette période amène les meilleurs rendements.

Les conditions de croissance affectent aussi l'intensité de la compétition. Des céréales vigoureuses peuvent ralentir le développement des mauvaises herbes. Par contre, des conditions défavorables à la croissance des céréales favorisent généralement les plantes nuisibles. Il n'y a cependant aucun moyen d'influencer les conditions climatiques. Par contre, toutes les mesures (pH, drainage, fertilisation, etc.)



Adapté de Bleasdale, J.K.A. 1960. Studies on plant competition

FIGURE 17 — **Représentation schématique des principaux facteurs déterminant l'intensité de la compétition**

favorisant un départ rapide et une croissance vigoureuse des céréales, leurs donnent un avantage et réduisent les dommages occasionnés par les mauvaises herbes. La date, la densité et la profondeur du semis sont des facteurs importants qui assurent un départ hâtif des céréales.

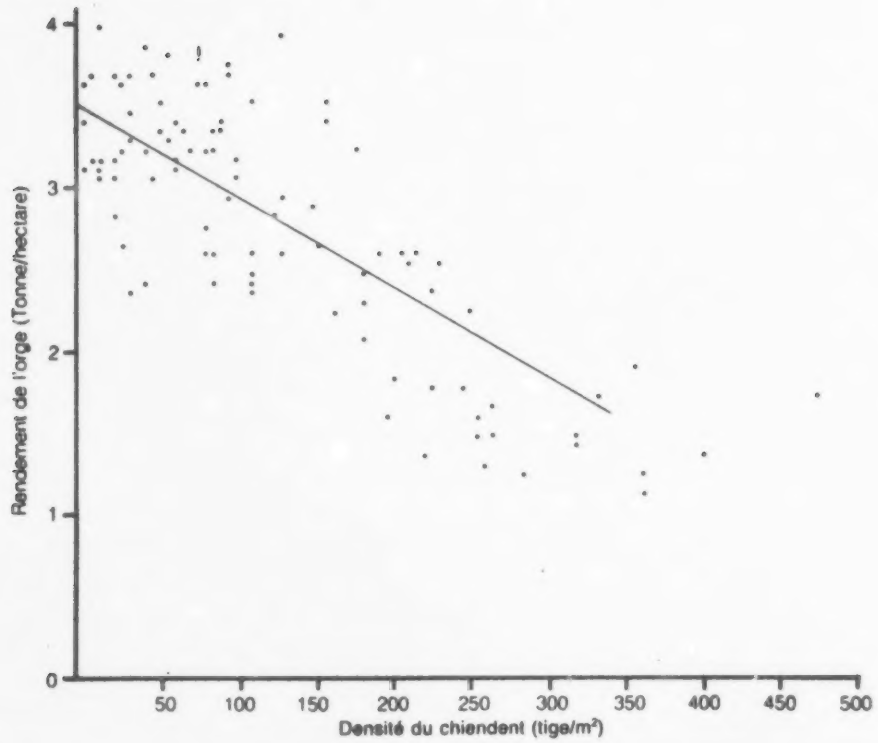
Les diverses espèces de mauvaises herbes présentes n'ont pas toutes le même pouvoir compétitif. Les espèces qui germent tôt et qui ont un port étalé comme les moutardes et l'ortie royale entraînent les plus fortes baisses de rendement. De plus, l'augmentation de la densité des plantes nuisibles accroît les risques de diminution de rendement.

Peu d'études quantitatives ont été effectuées afin de déterminer l'effet des populations mixtes de mauvaises herbes sur les rendements. On estime qu'elles entraînent des baisses annuelles de rendement de l'ordre de 10 à 15 %. Cependant, ces baisses varient d'un endroit à l'autre et d'une saison à l'autre selon les divers facteurs de la compétition.

Des études ont été réalisées afin d'évaluer les baisses de rendement occasionnées par certaines espèces de mauvaises herbes. Par exemple, pour le chiendent, la pire mauvaise herbe des céréales au Québec, on a établi que 100 tiges par mètre carré, soit une infestation faible, entraîne dans l'orge des pertes de 600 kilogrammes à l'hectare (FIGURE 18). Les résultats seraient semblables avec le blé et l'avoine. Le chiendent provoque ces baisses non seulement par l'effet de la compétition, mais aussi par la sécrétion de toxines appelées substances allélopathiques.

Interférence à la récolte

Les mauvaises herbes nuisent aux différentes opérations de la récolte. Elles augmentent le volume de matériel qui passe dans la batteuse, ce qui entraîne une réduction de la vitesse d'avancement et une plus grande consommation d'énergie. La présence de plantes nuisibles abaisse aussi le pouvoir séparateur des batteuses. Les pertes de grains s'élèvent en



Source: Roux, R. 1982. Can. J. Plant Sci. 62: 83-188.

FIGURE 18 – **Relation entre la densité du chiendent et le rendement de l'orge.**
La densité du chiendent a été évaluée au stade début épiaison de l'orge

présence de chiendent ou d'autres espèces volumineuses comme le chénopode blanc et l'herbe à poux. Les mauvaises herbes raccourcissent le temps journalier de battage ; elles retiennent l'humidité dans le couvert végétal plus tard le matin et plus tôt le soir.

Certaines graines de mauvaises herbes se séparent difficilement du grain. Les plus tenaces sont l'herbe à poux, la vesce jargeau, la folle avoine, le chénopode blanc et les capitules des composées (laiteron, chardons, verges d'or). Ces graines qui contiennent généralement un fort pourcentage d'humidité augmentent les risques de détérioration des grains lors de l'entreposage. Lorque la récolte contient une forte proportion de graines de mauvaises herbes, le séchage peut être nécessaire. La présence de graines de plantes nuisibles diminue aussi la qualité du grain et particulièrement celui destiné à la semence. Les coûts de nettoyage sont également supérieurs à cause du prix élevé des appareils effectuant cette opération.

Réservoirs de maladies

Parmi les graminées, plusieurs espèces, dont le chiendent, servent d'hôtes alternatifs à des organismes pathogènes qui attaquent les céréales. Par exemple, le rôle du chiendent dans l'épidémiologie de l'ergot et du piétin-échaudage est bien connu. (Voir chapitre « Maladies »).

Principales mauvaises herbes

Au Québec, plusieurs espèces de plantes nuisibles se retrouvent dans les champs de céréales (TABLEAU 36). Les figures 19 à 31 illustrent les principales espèces de mauvaises herbes dans la culture des céréales. D'après l'inventaire des mauvaises herbes, les espèces vivaces suivantes sont les plus fréquentes : le chiendent, la vesce jargeau, le plantain majeur et le pissenlit. La renouée persicaire et le chénopode blanc sont les dicotylédones annuelles les plus fréquentes au Québec. L'herbe à poux est importante dans la plaine de Montréal tandis que l'ortie royale l'est à l'extérieur de cette région. La ricinelle est très fréquente dans la région agricole 7 (Sud-ouest de Montréal) alors que les graminées annuelles ne sont vraiment importantes que dans les régions méridionales.

Même si plusieurs autres espèces de mauvaises herbes ne se retrouvent que localement dans les champs de céréales, elles entraînent souvent des infestations importantes. Les espèces principales sont les moutardes, le radis sauvage, la folle avoine, la prêle des champs, le souchet comestible, l'amarante à racine rouge et les renouées. La liste pourrait s'allonger facilement car toutes les espèces peuvent croître dans les champs de céréales.

TABLEAU 36 — **Présence (en pourcentage) des principales espèces de mauvaises herbes dans les céréales par région agricole du Québec**

Espèce	Région											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Vivaces												
Chiendent	96	94	86	92	94	79	85	98	95	89	94	100
Vesce jargeau	94	90	94	78	88	81	77	91	99	81	98	100
Pissenlit	82	83	89	86	94	80	75	88	95	83	94	98
Plantain majeur	65	84	92	75	96	76	77	90	96	84	94	89
Oxalide d'Europe	38	79	95	91	95	77	75	82	9	76	95	17
Céraiste vulgaire	51	67	98	74	97	38	47	64	69	48	84	68
Dicotylédones annuelles												
Renouée persicaire	47	70	35	97	80	96	97	96	43	97	97	84
Chénopode blanc	83	93	90	88	74	91	91	97	90	92	84	96
Petite herbe à poux	8	30	17	92	35	88	96	61	10	93	90	7
Ortie royale	86	74	92	27	61	13	8	51	91	25	69	98
Ricinelle rhomboïde	3	5	1	59	26	69	88	50	2	69	72	0
Moutarde des champs	50	49	32	47	19	36	73	57	49	72	51	27
Graminées annuelles												
Pied-de-coq	15	25	8	71	62	88	92	80	9	86	61	0
Sétaire glauque	9	18	20	84	15	83	94	75	0	94	68	0
Panic capillaire	6	10	14	43	55	73	77	82	2	79	66	0
Digitaire astrigente	0	1	3	5	25	36	55	25	0	32	3	0
Sétaire verte	3	11	6	0	14	74	88	76	0	72	64	0
Nombre de champs visités[1]	275	298	137	90	128	211	154	212	204	185	96	106
(Annnée de la visite)	(80-81)	(78-81)	(80)	(80)	(81)	(81-82)	(82-83)	(83)	(82)	(83-84)	(81)	(80)

Source : Deschênes J.M., Lemieux C. et Légère A. Agriculture Canada
Doyon D., Bouchard C.J. et Néron R., MAPAQ
Inventaire des mauvaises herbes dans les cultures de céréales au Québec. Service de Recherche en phytotechnie de Québec. MAPAQ. Mémoire No 4 (vol. 1 à 5)

1 — On inclut ici les céréales en semis pur et celles comme plante-abri.

Stade plantule

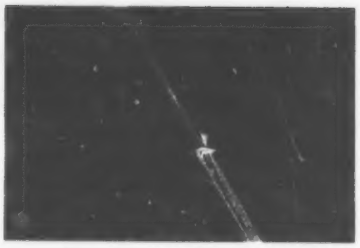


Photo: Leroux, G. Département de phytologie, Université Laval, Sainte-Foy

Stade adulte

Photo: Leroux, G. Département de phytologie, Université Laval, Sainte-Foy

FIGURE 19 — **Chiendent**

Inflorescence

Photo: Leroux, G. Département de phytologie, Université Laval, Sainte-Foy

Stade adulte

Photo: Leroux, G., Département de phytologie, Université Laval, Sainte-Foy

FIGURE 20 — **Vesce jargeau**

Stade plantule

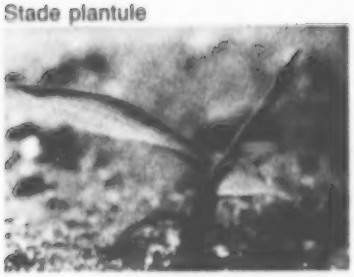


Photo : Bouchard C.J., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

Stade adulte

Photo : Drouin, B., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

FIGURE 21 — **Digitale astringente**

Stade plantule

Photo : Drouin, B., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

Stade adulte

Photo : Drouin, B., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

FIGURE 22 — **Échinochloa pied-de-coq**

Inflorescence

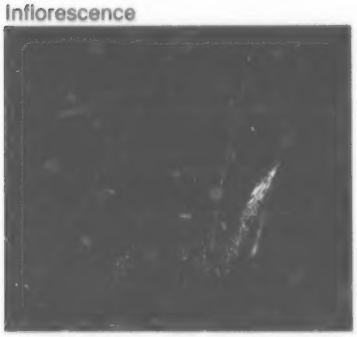


Photo : Bouchard, C.J., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

Stade adulte

Photo : Drouin, B., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

FIGURE 23 — **Panic capillaire**

Stade plantule

Photo : Bouchard C.J., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

Stade adulte

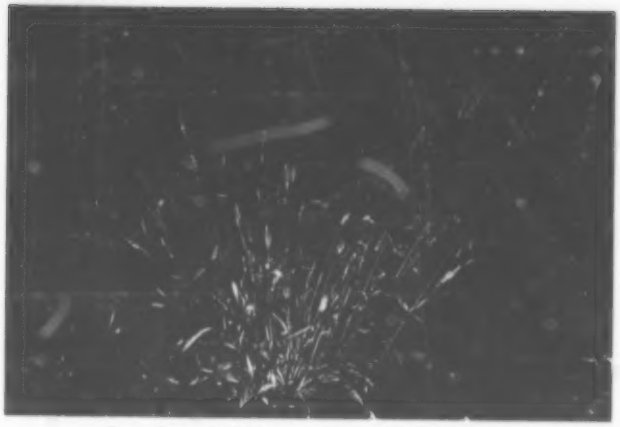


Photo : Drouin, B., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

FIGURE 24 — **Sétaire glauque**

Stade plantule

Photo : Drouin, B., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

Stade adulte

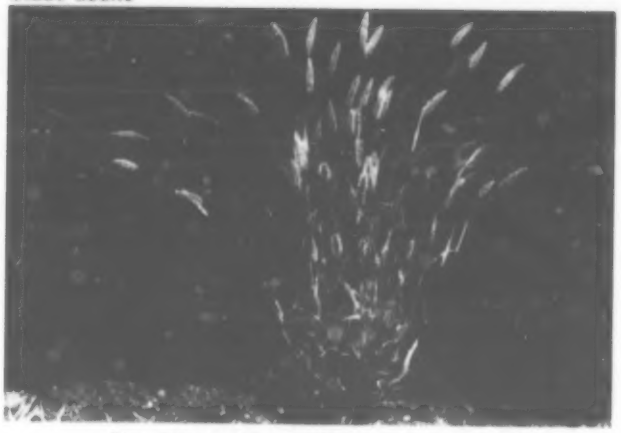


Photo : Drouin, B., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

FIGURE 25 — **Sétaire verte**

Stade plantule

Photo : Drouin, B., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

Stade adulte

Photo : Drouin, B., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

FIGURE 26 — **Chénopode blanc**

Stade plantule

Photo : Drouin, B., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

Stade adulte

Photo : Drouin, B., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

FIGURE 27 — **Moutarde des champs**

Stade plantule

Photo : Drouin, B., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

Stade adulte

Photo : Drouin, B. Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

FIGURE 28 — **Petite herbe à poux**

Stade plantule

Photo : Drouin, B., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

FIGURE 29 — **Ortie royale**

Stade adulte

Photo : Drouin, B., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

Stade plantule

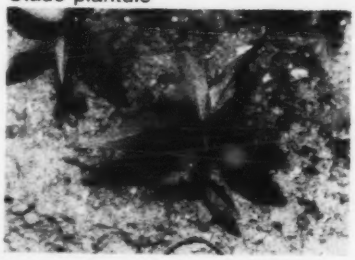


Photo : Drouin, B., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

FIGURE 30 — **Renouée persicaire**

Stade adulte

Photo : Drouin, B. Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

Stade plantule

Photo : Drouin, B., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

FIGURE 31 — **Ricinelle rhomboïde**

Stade adulte

Photo : Drouin, B., Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

Répression

L'avènement d'herbicides de plus en plus efficaces et sélectifs crée l'illusion que ces produits peuvent régler tous les problèmes de désherbage. Les herbicides sont des outils très efficaces de désherbage. Cependant, ils ne solutionnent pas tous les problèmes de mauvaises herbes car les semences de certaines plantes nuisibles restent dormantes pendant des années dans le sol. Comme les herbicides détruisent uniquement les plantules mais non les semences dormantes, il est important à chaque année de prévenir la formation des graines.

Prévention

La prévention est un ensemble de précautions élémentaires qui sont le point de départ de la lutte aux mauvaises herbes. La plus évidente est l'utilisation de semences exemptes de graines de plantes nuisibles. Il suffit d'une graine viable pour implanter une nouvelle espèce nuisible.

Dans les rotations céréales-prairies, la folle avoine présente peu de problèmes. Toutefois, avec l'abandon des rotations et l'intensification de la culture des céréales, la folle avoine s'est multipliée. Sa destruction est assez difficile et dispendieuse.

La prévention nécessite également la destruction des débuts d'infestation. Il suffit parfois de quelques minutes pour arracher les nouvelles mauvaises herbes qui apparaissent dans les champs. Les applications localisées d'herbicides constituent un moyen très efficace pour limiter la progression des mauvaises herbes. Finalement, les méthodes préventives comprennent la visite régulière des champs, la compilation des observations et la tenue d'un registre des champs.

Lutte aux mauvaises herbes

Les mauvaises herbes vivaces comme le chiendent ne peuvent être détruites sélectivement dans les céréales. Elles doivent être éliminées avant l'implantation de ces cultures. Les méthodes culturales, la rotation des cultures avec utilisation d'herbicides sélectifs ou non sélectifs sont les techniques les plus courantes. Le choix d'une de ces techniques dépend de la situation particulière de chaque producteur.

Les méthodes culturales comme les jachères ou les demi-jachères possèdent une certaine efficacité. Cependant, lorsque le sol est en jachère, il ne produit pas de récolte. Dans une rotation maïs-céréales, l'utilisation d'herbicides sélectifs tel l'atrazine contre les mauvaises herbes vivaces (chiendent, souchet, etc.) est une technique efficace et peu dispendieuse de répression, mais entraîne certains effets secondaires. Les doses massives d'atrazine tolérées par le maïs, laissent des résidus affectant la croissance des céréales l'année suivante. Les doses d'atrazine doivent être diminuées durant les années qui précèdent la culture des céréales. La cyanazine, un herbicide sélectif pour le maïs, offre moins de risque de dommages aux céréales parce qu'il est moins résiduel.

L'utilisation d'herbicides non sélectifs comme le glyphosate ou l'amitrole permet de détruire rapidement les mauvaises herbes sans laisser de résidus dans le sol ; cependant le coût est élevé. Lorsque les plantes nuisibles vivaces ont été éliminées d'un endroit, il faut éviter qu'elles ne le réinfestent. L'utilisation de bonnes pratiques culturales est alors essentielle.

Par ailleurs, l'agriculteur peut envisager une répression mécanique du chiendent. Il s'agit alors de passer légèrement le vibroculteur à l'automne, après les labours dès que le chiendent atteint 10 centimètres. La partie aérienne de la plante est détruite et la diminution des réserves des rhizomes favorisée. La répression est partielle. Cette action peut cependant retarder la date d'accès au champ de deux à quatre jours au printemps selon la texture du sol. Au printemps un passage de vibroculteur (assez profond) sans les rouleaux émotteurs permet de briser le matelas de rhizomes souterrains et d'en exposer une bonne partie à l'action desséchante du soleil.

Vu la plus grande profondeur d'ameublissement, il est alors recommandé de passer un rouleau tasseur avant le semis de façon à rappuyer le sol et obtenir une profondeur de semis relativement uniforme.

L'application rationnelle d'herbicides sélectifs est le meilleur sinon le seul outil vraiment efficace pour le désherbage des céréales. Les recommandations herbicides sont publiées par le CPVQ dans le bulletin « **Mauvaises herbes, répression** », elles indiquent les herbicides à utiliser selon les mauvaises herbes présentes. Tous les herbicides actuellement recommandés sont utilisés en postlevée des céréales et des mauvaises herbes. Les doses, les stades d'applications et les conditions de succès sont également indiquées afin d'assurer une répression efficace des plantes nuisibles sans nuire à la croissance des céréales. Les fiches techniques des herbicides préparées par le conseil des Productions végétales contiennent beaucoup d'informations sur chacun des herbicides. Les paragraphes suivants résument l'essentiel de ces informations afin de permettre un meilleur choix et une utilisation judicieuse des herbicides recommandés.

Herbicides

2,4-D, MCPA, 2,4-DB et MCPB (2,4-D ; MCPA AMINE, METHOXONE, MCPA SODIUM ; EMBUTOX-E, TROPOTOX)

Ces produits détruisent les mauvaises herbes dicotylédones. Le 2,4-D et le MCPA s'utilisent sur les céréales en semis pur tandis que le 2,4-DB et le MCPB

s'emploient sur les céréales semées avec des légumineuses fourragères : on choisit le 2,4-DB sur la luzerne et le MCPB sur le trèfle. La combinaison 2,4-DB + MCPA s'utilise sur les céréales grainées de luzerne, et le mélange MCPB + MCPA sur les céréales grainées de trèfle.

Les préparations esters de ces produits s'utilisent de façon sécuritaire sur le blé et l'orge du stade quatre feuilles jusqu'à celui avant le stade étendard. L'application au stade quatre feuilles combine le maximum de tolérance de la culture avec le maximum de sensibilité des mauvaises herbes. Les esters appliqués avant ou durant le stade trois feuilles peuvent entraîner des déformations des feuilles, des tiges et des épis et ainsi, une réduction du rendement de la céréale.

Les longues chaînes isooctyl esters sont plus utilisées que les courtes chaînes butyl en raison de leur volatilité plus faible.

Les préparations amines et les sels de ces herbicides réduisent les risques de dommages au blé et à l'orge mais leur efficacité contre les mauvaises herbes est un peu inférieure. Elles peuvent être utilisées avant le stade quatre feuilles.

Ces herbicides employés à des doses plus élevées que celles recommandées peuvent entraîner des dommages aux cultures. Aucune différence de tolérance n'a été établie entre les cultivars de blé, d'orge et d'avoine quant à l'utilisation de ces herbicides.

L'avoine est beaucoup plus sensible que le blé et l'orge au 2,4-D, en particulier aux préparations esters. Cependant l'avoine peut être traitée avec le MCPA (amine ou sel), le MCPB, ou le mécoprop à partir de la première feuille jusque avant le stade étendard. Les préparations amines de 2,4-D et ester de MCPA peuvent être utilisées de façon sécuritaire avant le stade quatre feuilles. Au stade cinq à six feuilles, le 2,4-D amine (à la dose de 0,5 kilogramme à l'hectare d'ingrédient actif) peut réduire le rendement de 20 à 30 % et augmenter sérieusement la verse.

Bromoxynil (BROMINAL, BUCTRIL, PARDNER, BROMOX C-100).
Le bromoxynil s'utilise contre les dicotylédones sur l'avoine, le blé et l'orge du stade deux feuilles jusqu'au début du stade étendard. Le maximum de tolérance de la culture et de sensibilité des mauvaises herbes se situe au stade deux à trois feuilles de la céréale. Le bromoxynil agit surtout par contact et n'a pas d'effet résiduel. Il est souvent utilisé et vendu en mélange avec le MCPA ou le 2,4-D, afin d'accroître son spectre d'action.

Cyanazine/MCPA-k (BLAGAL)
Le mélange cyanazine/MCPA (1 : 2) s'utilise sur l'avoine, le blé et l'orge au stade deux à cinq feuilles et lorsque les mauvaises herbes sont jeunes et en pleine croissance. C'est un mélange à large spectre d'action particulièrement efficace contre l'ortie royale et la spargoute. Les céréales peuvent montrer un jaunissement temporaire consécutif au traitement, et subir quelquefois des baisses de rendement par phytotoxicité. Le problème est plus prononcé si les céréales sont soumises à des conditions adverses, ou sont semées en sol sableux.

Dicamba (BANVEL, DYCLEER)
Le dicamba seul ou en mélange s'utilise contre les dicotylédones annuelles sur le blé et l'avoine du stade deux feuilles au stade 5 feuilles. Le dicamba est très efficace contre les renouées mais ne l'est pas contre les crucifères. La quantité de dicamba ne doit pas excéder 0,15 kilogramme à l'hectare. Des mélanges triples (dicamba, mécoprop et 2,4-D) et des mélanges doubles (dicamba et MCPA) sont disponibles dans le commerce. Le stade trois feuilles est le meilleur stade d'application. Épandu après le stade cinq feuilles, le dicamba peut faire augmenter la verse et retarder la maturité.

L'orge est plus sensible au dicamba que le blé et l'avoine. L'application après le stade trois feuilles de l'orge n'est pas recommandée particulièrement lorsque la croissance est très abondante. L'utilisation d'au moins 100 litres à l'hectare de bouillie réduit les risques de dommages sur l'orge.

Diclofop méthyl (HOE-GRASS)
Le diclofop méthyl s'emploie sur le blé et l'orge (restriction pour certains cultivars d'orge, lire l'étiquette) contre les graminées annuelles, notamment la folle avoine. L'inclinaison des buses à 45° vers l'avant améliore l'uniformité de la pulvérisation. Le bromoxynil peut s'utiliser en mélange avec le diclofop méthyl. Le mélange commercial des deux produits est d'ailleurs disponible sur le marché. Cependant les autres herbicides comme le 2,4-D, le MCPA, etc. ne doivent pas être pulvérisés en même temps que le diclofop méthyl. Il doit y avoir un délai d'au moins quatre jours après l'application du diclofop méthyl.

Cet herbicide s'applique du stade un à quatre feuilles de l'orge et avant le tallage mais pas plus tard que 21 jours après l'émergence de la culture. Après le stade quatre feuilles, l'orge peut être endommagée par le diclofop méthyl.

Difenzoquat (AVENGE)
Le difenzoquat s'utilise sur l'orge pour détruire la folle avoine. L'application s'effectue au stade trois à cinq feuilles de la céréale dans 110 litres à l'hectare d'eau. Cet herbicide s'emploie aussi sur certains cultivars de blé (consulter l'étiquette et les guides de recommandations). Le difenzoquat se mélange au bromoxynil/MCPA mais non aux préparations amines de 2,4-D et de MCPA. Le difenzoquat peut entraîner un jaunissement de la culture, mais cette dernière récupère rapidement.

Linuron (AFOLAN F, LOROX, LOROX L)
Le linuron est actif contre plusieurs mauvaises herbes annuelles à feuilles larges et certaines graminées. Le linuron et le MCPA amine (1 : 2) s'emploient sur l'avoine, le blé et l'orge. L'orge peut être affectée par ce traitement (ralentissement de la croissance, retard de la maturité et réduction du rendement) mais ces effets négatifs sont moindres que ceux causés par les fortes infestations de mauvaises herbes. L'application s'effectue au stade trois à quatre feuilles de la céréale dans 110 litres à l'hectare d'eau. Les pulvérisations hâtives diminuent les risques de dommages particulièrement sur l'orge.

Mélanges d'herbicides

Contrairement à l'Europe où plusieurs produits phytosanitaires (herbicides, insecticides, fongicides et raccourcisseurs) sont utilisables en mélange, la règlementation canadienne actuelle ne permet que très peu de combinaisons de ce genre. Quoi qu'il advienne, certains mélanges sont à proscrire à cause d'effets antagonistes. Par exemple, le 2,4-D annule l'effet du diclofop méthyl. D'autres mélanges précipitent ou coagulent. Parmi les mélanges autorisés, il y a linuron 50-WP + MCPA amine 500-SN et buctril M + MCPA amine 500-SN. Des précautions spéciales sont nécessaires au succès. Dans les deux cas, le réservoir doit être rempli au tiers. Par suite, il faut ajouter la poudre mouillable et bien agiter, puis additionner un peu d'eau et verser la solution de MCPA en agitant toujours. Une mauvaise préparation peut entraîner un précipité qui obstrue les buses.

Les mélanges ne sont pas formellement interdits, à condition que les produits individuels soient homologués. Cependant, si l'étiquette du produit n'autorise pas le mélange, le producteur **n'a droit à aucune protection légale en cas de problème** qu'il s'agisse de phytotoxicité, de précipitation de la bouillie ou de tout autre inconvénient. Pour plus d'information, consulter le bulletin technique sur la culture intensive des céréales.

Conditions de succès

Les herbicides sont efficaces lorsqu'ils sont bien utilisés. Les étiquettes donnent tous les renseignements nécessaires afin d'obtenir le maximum d'efficacité des herbicides. Quelques règles générales doivent être suivies pour obtenir un désherbage adéquat des cultures de céréales.

— L'identification des mauvaises herbes au stade plantule est essentielle afin de déterminer le traitement approprié. Plusieurs documents (exemple : feuillet de l'atlas des mauvaises herbes) facilitent l'identification des mauvaises herbes à leurs premiers stades de développement.

— La lecture de l'étiquette permet de connaître toutes les conditions d'utilisation des herbicides et toutes les précautions à prendre pour les employer de façon sécuritaire. Il faut aussi suivre toutes les recommandations contenues sur l'étiquette.

— Le réglage du pulvérisateur est certainement l'aspect du désherbage le plus négligé par les usagers. C'est cependant le moyen le plus facile d'augmenter l'efficacité du traitement herbicide. Les méthodes de réglage sont bien décrites dans plusieurs documents (exemple : **Pulvérisateur à rampe, guide d'utilisation, Agdex 744**). Les distributeurs de ces appareils fournissent également la marche à suivre pour le réglage du pulvérisateur. Le réglage vise à déterminer le débit de la pulvérisation. La vérification de chaque élément du pulvérisateur est essentielle et celle de chaque buse l'est encore plus.

La modernisation du pulvérisateur est un autre aspect négligé. Il existe actuellement des équipements électroniques capables d'augmenter la précision du pulvérisateur.

— Les pastilles à jet en éventail (type Tee-Jet) sont les plus utilisées pour l'application des herbicides dans les céréales. Elles doivent être employées à basse pression. Il faut respecter la hauteur de la rampe en fonction de l'angle du jet utilisé et de l'écartement entre les buses recommandé par le fabricant. La distance entre chaque buse doit être égale sur toute la rampe. La hauteur de la rampe est mesurée à partir de la surface à atteindre et non du sol.

— L'eau employée pour effectuer les pulvérisations doit être exempte de particules solides afin de réduire les possibilités d'obstruction des filtres et des pastilles. Une eau boueuse réduit l'efficacité des herbicides. En effet, les particules de sol peuvent adsorber le glyphosate et l'inactiver. L'obstruction des buses par les particules demeure un problème quel que soit le produit.

— Le volume d'eau requis est habituellement indiqué sur l'étiquette. Cependant, la tendance actuelle qui consiste à réduire le volume d'eau, exige une plus grande précision lors du réglage du pulvérisateur et de la pulvérisation.

— Il est essentiel de connaître la superficie des champs à traiter afin d'acheter la quantité exacte d'herbicide et d'éviter des erreurs coûteuses.

— Il est essentiel de mesurer avec précision la quantité d'herbicide à ajouter lors du remplissage du pulvérisateur. Une tasse à mesurer et une balance ne coûtent pas cher et sont des instruments nécessaires pour une utilisation précise et sans danger des herbicides.

Les herbicides ne doivent jamais être versés au début du remplissage du pulvérisateur mais de préférence lorsque le réservoir est rempli au moins au tiers, et pas plus qu'aux deux tiers.

— Il faut respecter la dose et le stade d'application recommandés.

— Les pulvérisations ne doivent pas être effectuées lorsque les températures sont extrêmes (très chaudes ou très froides). Les risques de dommages aux cultures ou d'efficacité réduite des herbicides augmentent. Le début ou la fin de la journée sont les meilleures périodes pour effectuer les traitements ; les vents sont alors habituellement plus faibles et les températures plus tempérées.

— Les pesticides ainsi que leurs contenants vides doivent être manipulés avec prudence et grand soin. Ces substances, toxiques pour les plantes et les ennemis des cultures, peuvent aussi l'être pour les utilisateurs et les animaux. La prudence et le respect des mesures de sécurité sont de mise pour éviter les accidents toujours déplorables.

MALADIES

Généralités sur le développement des maladies

Principales maladies au Québec

Effets des rotations

Traitement des semences

Fongicides en végétation

Luc Couture

Les produits mentionnés dans ce bulletin sont enregistrés. La loi et les règlements sur les pesticides peuvent en tout temps entraîner le retrait ou des modifications dans l'utilisation d'un produit.

Généralités sur le développement des maladies

L'intensification de la culture des céréales entraîne parallèlement l'augmentation du développement des maladies. Les maladies se manifestent sous différentes formes : destruction partielle ou totale des grains sur épis, taches ou colonies de différentes teintes et tailles sur les feuilles, la tige et les grains, décoloration du feuillage, stérilité de la plante et maturation accélérée ou retardée. Les symptômes ressemblent parfois aussi à ceux de certaines carences nutritionnelles. La plupart des maladies des céréales sont causées par des champignons microscopiques et par des virus.

Selon les circonstances, les maladies peuvent avoir des effets limités ou prononcés sur les rendements ou sur la qualité des céréales. Au point de vue rendement, une céréale atteinte d'une maladie peut voir sa productivité réduite par rapport à une céréale saine. Sur le plan de la qualité, elle peut enregistrer une réduction du poids spécifique et du calibre du grain, une diminution de la teneur en protéines et en amidon, une présence de mouchetures et de colorations indésirables sur le grain et enfin une contamination du grain par des mycotoxines (substances toxiques produites par certains champignons).

Les sources possibles d'infection à l'origine des maladies sont multiples : les mauvaises herbes de la famille des graminées, le sol, les semences, les résidus de culture, les champs voisins de céréales et de maïs, certaines plantes hôtes intermédiaires et les insectes vecteurs.

Toutes les parties de la plante, à tous les stades de développement, peuvent être atteintes d'une maladie (TABLEAU 37). Sous nos conditions, les maladies deviennent en général évidentes à partir du stade de l'épiaison. De plus, l'importance d'une maladie particulière peut, sous l'influence du temps, varier considérablement d'une année à l'autre et d'une région à l'autre, passant de l'état de traces à l'état épidémique.

TABLEAU 37 – **Principales maladies affectant les céréales à paille de printemps au Québec**

Partie affectée	Symptôme	Espèce atteinte	Maladie
Plantule	Pourriture	Toutes	Brûlure des semis
Racines et pied	Brunissement ou noircissement	Toutes	Piétins
Feuilles et tiges	Rougissement ou jaunissement	Toutes	Jaunisse nanisante
	Pustules oranges ou noirs	Toutes	Rouilles
	Feutrage blanc ou grisâtre	Orge et blé	Oïdium
	Tache diverses	Avoine et blé	Septoriose
		Orge et blé	Tache helminthosporienne
		Orge	Rayure réticulée
		Orge	Rhynchosporiose
Grains et inflorescences	Spores noires à la place des grains	Toutes	Charbons
	Sclérotes à la place des grains	Orge et blé	Ergot
	Taches	Avoine et blé	Septoriose
		Orge et blé	Tache helminthosporienne
	Blanchissement, stérilité	Blé	Fusariose Piétin-échaudage

Au niveau de la ferme, deux facteurs, que peut maîtriser l'agriculteur, influencent l'intensité d'une maladie : le cultivar et les conditions de culture. Des cultivars d'une même espèce de céréale ont des degrés de résistance et de sensibilité différents. La réaction des céréales aux maladies est aussi influencée par les conditions de croissance : date, densité et profondeur du semis, qualité de la semence, fertilité et drainage du sol, enfouissement des résidus des cultures de la saison précédente, rotations, élimination des mauvaises herbes, etc. Ainsi une culture de céréale, qui jouit de conditions optimales de croissance est généralement moins prédisposée aux maladies qu'une autre culture déjà exposée à certains stress. Le semis hâtif est un facteur particulièrement important pour la plupart des maladies puisqu'il permet à la plante d'échapper à l'infection pendant une période plus longue de sa croissance et de son développement.

Principales maladies au Québec

Charbons

Les charbons entraînent une transformation des grains en une poudre de spores noires. On assiste à la formation des charbons couverts lorsque la destruction du grain est partielle : les glumes subsistent alors le plus souvent à l'état de fines membranes blanchâtres dans lesquelles les spores sont renfermées. Lorsque la destruction est totale, on est en présence des charbons nus : dans ce cas, les masses de spores noires ne sont pas enveloppées par les glumes. Dans tous les cas, le vent et la pluie peuvent faire disparaître complètement les masses de spores, laissant le support de l'inflorescence complètement dépouillé.

Une céréale ne peut être charbonnée que lorsque la semence qui lui donne naissance est contaminée. Il est impossible de distinguer visuellement une semence contaminée d'une semence saine. La transmission de la maladie par la semence est de deux types : la contamination externe et la contamination interne.

Contamination externe

Les spores des épis ou panicules charbonnés sont transportées par le vent ou sont libérées au moment des opérations de récolte et de battage : elles adhèrent ensuite à la surface et parfois immédiatement sous les enveloppes des graines. Voici les maladies :

— charbon nu de l'avoine :
Ustilago avenae f. sp. *avenae*
— charbon couvert de l'avoine :
Ustilago hordei f. sp. *avenae*
— charbon couvert de l'orge :
Ustilago hordei f. sp. *hordei*
— faux charbon nu de l'orge :
Ustilago avenae f. sp. *nigra*

Contamination interne

Au moment de la floraison, les spores libérées des épis charbonnés sont transportées par le vent et infectent les fleurs des épis sains pour ensuite infecter les embryons des graines en formation. Les grains ainsi infectés mûrissent normalement. Voici les maladies :

— charbon nu de l'orge :
Ustilago nuda f. sp. *hordei*
— charbon nu du blé :
Ustilago nuda f. sp. *tritici*.

Moyens de lutte
Il est très facile de prévenir ou de réduire significativement le développement du charbon dans une culture de céréale par l'un des moyens suivants :
— choisir un cultivar résistant
— utiliser une semence certifiée
— traiter les semences avec un fongicide approprié : dans le cas des charbons à contamination externe, un fongicide de contact est suffisant, mais pour les charbons à contamination interne, un fongicide systémique est indispensable. La seule matière active systémique qui est présentement disponible au Canada et qui a une efficacité reconnue contre les charbons à contamination interne, est la carbathiine.

Note importante :
Pour déterminer l'importance réelle de l'intensité du charbon dans un champ, il est nécessaire d'effectuer un comptage du nombre d'épis ou de panicules sains et charbonnés dans un échantillon donné. Une simple estimation visuelle donne toujours une surestimation du niveau réel des dégâts.

Ergot

Agent pathogène : *Claviceps purpurea*
L'ergot peut affecter toutes les plantes de la famille des graminées. Le seigle y est particulièrement sensible tout comme certains cultivars d'orge et de blé de même que le chiendent alors que l'avoine ne l'est que très peu. La maladie consiste en la transformation du grain en une masse dure noirâtre, appelée sclérote, généralement de taille supérieure à celle du grain normal.

L'infection des céréales se produit au moment de la floraison. Elle est causée par les spores qui sont libérées des sclérotes lors de leur germination près ou à la surface du sol, ou qui proviennent des miellats, gouttelettes d'un liquide sucré formées sur les épis, dans la culture même ou sur des graminées sauvages à proximité des champs cultivés. Ces dernières spores sont transportées par des insectes. L'infection commence par la formation de miellats sur les épis. Les miellats donnent par la suite des sclérotes.

Les baisses de rendement provoquées par l'ergot sont généralement minimes mais le grain contenant trop de sclérotes d'ergot est dangereusement toxique et ne peut être consommé ni par l'homme ni par les animaux. Une quantité aussi faible que 0,1 % d'ergot par poids dans un lot de grain peut avoir des effets néfastes sur la santé. Par conséquent la présence d'ergot dans un lot de grains entraîne automatiquement son déclassement. Il n'y a pas vraiment de cultivars résistants à cette maladie.

Les normes de classification des grains en fonction de l'ergot s'échelonnent entre des limites maximales de 0 et 0,25 % selon la catégorie de grains. Ainsi elle est de 0 dans l'avoine No 1 E.C. et de 0,25 % dans l'avoine fourragère No 3. L'orge No 1 peut contenir jusqu'à 0,05 % et l'orge No 2 jusqu'à 0,10 %. Le blé québécois No 1 peut contenir six morceaux d'ergot par 500 grammes et le blé québécois No 3 jusqu'à 0,25 %. Quant à tous les autres types de blé de l'est canadien, les No 1 E.C. ont une limite de trois morceaux d'ergot par 500 grammes et les blés fourragers Canada en ont une de 0,25 %.

Moyens de lutte
— labourer le sol pour enfouir les sclérotes tombés de la culture précédente
— pratiquer une rotation adéquate incluant l'avoine (les sclérotes survivent au moins un an dans la nature)
— éliminer les mauvaises herbes de la famille des graminées, notamment le chiendent
— éviter les cultivars trop sensibles et trop tardifs
— utiliser de la semence certifiée
— semer le grain à une profondeur uniforme pour favoriser une période de floraison plus courte.

Aucun de ces moyens n'est suffisant à lui seul pour prévenir le développement de l'ergot. Il faut donc combiner les moyens de lutte. Par exemple, après la destruction du chiendent, il faut quand même semer une culture résistante à l'ergot l'année suivante puisque les sclérotes survivent au moins un an dans la nature.

Rouilles

Toutes les céréales peuvent être atteintes d'une rouille. On en distingue deux types :
— rouille de la tige :
Puccinia graminis (toutes les céréales)
— rouilles des feuilles :
Puccinia coronata (avoine)
Puccinia hordei (orge)
Puccinia recondita (blé)

La rouille de la tige est relativement rare au Québec. Les rouilles des feuilles sont par contre fort répandues et peuvent causer des dégâts importants certaines années.

Les rouilles se distinguent très facilement par les petites pustules de couleur orange dispersées à la surface des feuilles. Ces pustules contiennent des spores pouvant adhérer facilement aux doigts lorsqu'on y touche. Plus tard en saison, ces pustules prennent une couleur noire.

Les spores de rouille peuvent être transportées sur de très grandes distances par le vent. Certaines rouilles sont également pathogènes sur d'autres plantes, appelées hôtes intermédiaires, qui permettent des croisements entraînant la formation de nouvelles races de rouille : c'est le cas de la rouille de la tige sur l'épine-vinette (*Berberis vulgaris*) et de la rouille couronnée de l'avoine sur le nerprun commun (*Rhamnus cathartica*).

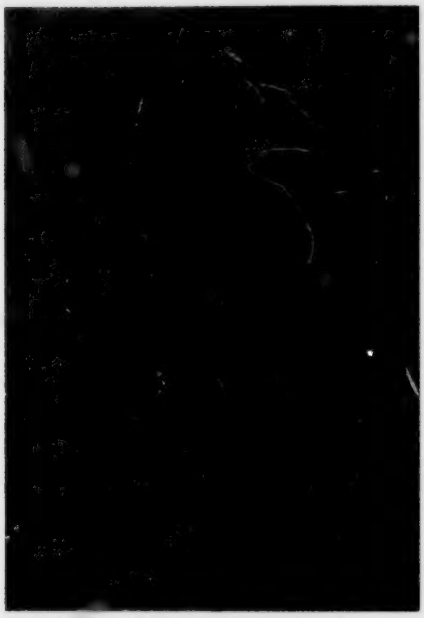


Photo : Couture, L., Station de recherche de Sainte-Foy, Agriculture Canada

FIGURE 32 — **Charbon nu de l'avoine**

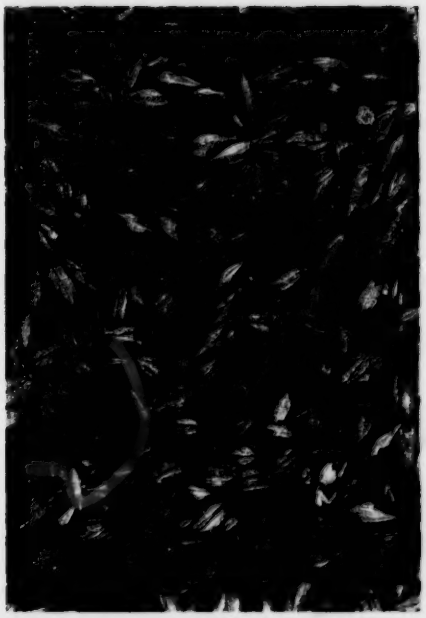


Photo : Couture, L., Station de recherche de Sainte-Foy, Agriculture Canada

FIGURE 33 — **Sclérotes de l'ergot et grains d'orge**

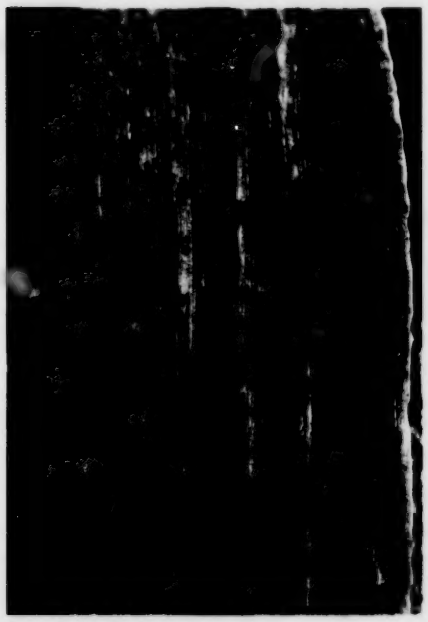


Photo : Bastien, D., Conceptra Inc., Beloeil

FIGURE 34 — **Rouille des feuilles**

Photo : Bastien, D., Conceptra Inc., Beloeil

FIGURE 35 — **Rouille des tiges**

Moyens de lutte
— éliminer les hôtes intermédiaires (épine-vinette pour la rouille de la tige et nerprun commun pour la rouille des feuilles de l'avoine) dans les environs de la ferme
— choisir un cultivar résistant ou peu sensible
— utiliser plus d'un cultivar d'une même céréale ou plus d'une céréale sur une même ferme
— semer tôt, pour éviter le plus possible les infections
— équilibrer adéquatement les fumures avec du phosphore
— éviter les épandages tardifs de fumure azotée.

Oïdium ou blanc

Agent pathogène : *Erysiphe graminis*

Cette maladie peut faire des ravages chez les cultivars sensibles de blé et d'orge alors qu'elle est à peu près inexistante chez l'avoine. Le champignon est spécialisé : celui qui attaque le blé ne peut infecter l'orge et vice-versa.

La maladie peut se développer très rapidement à partir du moment où les premières infections débutent. La surface des feuilles peut être recouverte d'un feutrage blanc ou grisâtre très riche en spores. Les épis peuvent également être attaqués. Plus tard, les zones décolorées des feuilles se parsèment de points noirs (cléistothèces) qui constituent une autre forme de fructification du champignon.

L'inoculum survit un an dans les débris de culture. Ce champignon n'a pas besoin de pluie ou de rosée pour infecter les plantes. Les semis à haute densité et les fortes doses d'engrais azotés favorisent le blanc.

Moyens de lutte
— éliminer les débris de culture
— choisir des cultivars résistants
— éviter les semis trop denses
— éviter les excès d'engrais azotés.

Jaunisse nanisante

La jaunisse nanisante des céréales est causée par un virus appelé virus de la jaunisse nanisante de l'orge (VJNO). Celui-ci est transmis aux plantes par les pucerons. La jaunisse peut non seulement attaquer toutes les céréales, mais aussi toutes les autres graminées. Elle est présente à des degrés divers d'une année à l'autre et provoque des dégâts très graves certaines saisons.

Les symptômes sont plus apparents chez l'avoine que chez l'orge ou le blé ; mais, dans tous les cas, les effets sur les rendements peuvent être très importants. Chez l'avoine, les feuilles rougissent, ce qui peut la confondre avec une carence en phosphore. Chez l'orge, les feuilles jaunissent, ce qui peut la confondre avec bien d'autres phénomènes physiologiques. Chez le blé, on observe un mélange de teintes. Chez toutes les céréales, les plantes peuvent être rabougries et ne pas épier si l'infection est suffisamment précoce et importante.

Le virus peut survivre dans les repousses de céréales et sur les graminées sauvages et cultivées, qui servent de réservoirs, ainsi que chez les pucerons porteurs qui peuvent survivre à l'hiver ; les épidémies graves sont presque toujours causées par les migrations massives de pucerons ailés en provenance de l'extérieur du Québec. Pour plus d'information sur les pucerons, consulter la section « Ravageurs » dans ce guide.

Soulignons que la jaunisse nanisante rend les céréales plus vulnérables aux stress physiques et chimiques et aux autres maladies.

Moyens de lutte
— choisir des cultivars tolérants ou moins sensibles
— semer tôt
— lutter contre les infestations massives de pucerons selon les prescriptions faites à la section « Ravageurs ».

Septorioses

Agents pathogènes : *Septoria avenae* chez l'avoine
Septoria nodorum chez le blé

La septoriose de l'avoine est la maladie la plus importante chez l'avoine au Québec ; celle du blé se retrouve régulièrement chez le blé. Ces maladies, causées par des champignons distincts, provoquent des taches brunes de grande taille et de forme ovale sur les feuilles.

Sur l'avoine, les tiges attaquées noircissent et deviennent cassantes. Chez le blé, les noeuds et les épis sont sensibles aux attaques. Il n'y a pas de cultivar résistant à ces maladies.

Les champignons responsables de ces maladies survivent dans les débris de culture et aussi, dans le cas du blé, dans les semences. Les spores de ces champignons sont dispersées par la pluie.

Moyens de lutte
— enfouir les résidus de culture
— pratiquer une rotation avec d'autres céréales ou, de préférence, avec d'autres cultures
— éviter les cultivars très sensibles
— semer tôt.

Helminthosporioses de l'orge

Il s'agit de deux maladies de l'orge causées par des champignons apparentés :
rayure réticulée : *Drechslera teres*
tache helminthosporienne : *Bipolaris sorokiniana*

Depuis un certain nombre d'années, la rayure réticulée est la maladie la plus importante de l'orge au Québec. La tache helminthosporienne a déjà été la maladie la plus importante de l'orge, mais elle a pris

aujourd'hui une place plus secondaire au Québec. On retrouve souvent ces deux maladies ensemble, à des degrés différents.

Les deux maladies provoquent des taches brun violacé sur les feuilles ; elles sont plutôt rondes et petites dans le cas de la tache helminthosporienne et elles sont plutôt allongées et placées le long des nervures dans le cas de la rayure réticulée.

Les cultivars à deux rangs sont généralement plus sensibles à ces maladies que ceux à six rangs. L'inoculum survit dans les semences, sur les résidus de culture et aussi, dans le cas du *Bipolaris*, dans le sol pour plusieurs années.

Moyens de lutte
— éliminer les résidus de culture
— pratiquer une rotation avec une non-céréale
— choisir un cultivar moins sensible
— traiter les semences avec un fongicide.

Tache helminthosporienne du blé

Agent pathogène : *Drechslera tritici-repentis*

Cette maladie fongique s'attaque aux feuilles de blé tôt au printemps surtout après un retour de blé lorsque la paille de cette culture n'a pas été enfouie après la récolte.

Au début, les taches sont faciles à reconnaître : elles sont petites, brunes, un peu ovales et entourées d'une bordure jaune très caractéristique. Plus tard, elles deviennent elliptiques et difficiles à différencier de la tache septorienne.

C'est présentement, au Québec, la maladie des feuilles la plus commune sur le blé. Le champignon responsable passe l'hiver sur les débris de paille de blé infecté qui demeure à la surface du sol. Au printemps, des spores sont éjectées et transportées par le vent et la pluie sur les nouvelles cultures.

Moyens de lutte
— enfouir les résidus de culture
— pratiquer une rotation avec d'autres céréales ou, de préférence, avec d'autres cultures.
— traiter avec un fongicide si les taches sont nombreuses sur les feuilles supérieures avant l'épiaison.

Rhynchosporiose de l'orge

Agent pathogène : *Rhynchosporium secalis*

Cette maladie fongique, aussi appelée tache pâle, s'attaque aux feuilles de l'orge. Elle forme des taches tout à fait caractéristiques et très faciles à reconnaître : elles sont de forme plutôt elliptique, de couleur grise et entourées d'une bordure brun foncé.

Bien que la rhynchosporiose soit assez fréquente, son intensité n'est habituellement pas significative dans la plupart des régions du Québec. Mais dans certaines régions, et certaines années dans toutes les régions, elle peut constituer la maladie la plus importante de l'orge. Un printemps frais et humide et une saison plutôt fraîche favorisent son développement. Elle préfère des températures de l'ordre de 15°C.

L'inoculum survit principalement dans les débris de culture. La rhynchosporiose peut également s'attaquer au seigle, aux graminées fourragères et aux graminées adventices tel le chiendent.

Moyens de lutte
— enfouir les débris de culture
— éliminer les mauvaises herbes de la famille des graminées
— pratiquer une rotation avec le blé, l'avoine, ou une non-graminée.

Fusariose de l'épi

Agent pathogène : Plusieurs *Fusarium*, principalement le *graminearum*

La fusariose de l'épi semble s'intensifier au Québec, dans les cultures de blé. Les grains et les épis sont attaqués principalement à l'époque de la floraison, les anthères étant la voie privilégiée de pénétration du champignon jusqu'à l'embryon. Les épillets affectés blanchissent et prennent une légère teinte rosée ou orangée lorsque le temps est très humide. Les attaques peuvent porter sur une partie de l'épi ou sur l'épi entier.

Le principal préjudice de la présence de *Fusarium* dans le grain est la production par ces champignons de substances toxiques dangereuses, appelées mycotoxines, dont la plus connue au Québec est la vomitoxine. Ces mycotoxines peuvent tout aussi bien se développer après la récolte si le grain est séché trop lentement et mal entreposé. Notons que les normes officielles autorisent un maximum de deux parties par million de vomitoxine dans les rations pour le porc, peu importe l'identité des céréales qui entrent dans la composition de ces rations. Pour l'alimentation humaine, la concentration maximale permise est de deux parties par million dans le grain de blé livré à l'usine.

Bien que le blé montre davantage de symptômes que les autres céréales, le champignon s'attaque aussi au maïs et parfois à l'orge et à l'avoine. Il peut également survivre sur les graminées en général. Les températures chaudes (25°C) et humides à l'époque de la floraison sont particulièrement favorables au développement de la fusariose.

À cause du risque de fusariose, la monoculture du blé et les rotations maïs- blé sont déconseillées. De plus, les grains de toutes les céréales peuvent être contaminés par des *Fusarium*, avec ou sans symptômes. À cet égard, il est tout à fait impératif de procéder à un séchage rapide du grain après la récolte et d'assurer un entreposage à basse humidité afin de prévenir le développement des *Fusarium* présents dans le grain de même que la production de mycotoxines.

Photo : Couture, L., Station de recherche de Sainte-Foy, Agriculture Canada

FIGURE 36 — **Oïdium**

Photo : Comeau, A., Station de recherche de Sainte-Foy, Agriculture Canada

FIGURE 37 — **Jaunisse nanisante (chez le blé)**

Photo : Couture, L., Station de recherche de Sainte-Foy, Agriculture Canada

FIGURE 38 — **Septoriose de l'avoine**

Photo : Couture, L., Station de recherche de Sainte-Foy, Agriculture Canada

FIGURE 39 — **Rayure réticulée**

Photo: Devaux, A., Service de recherches en phytotechnie de Saint-Hyacinthe, MAPAQ

FIGURE 40 — **Tache helminthosporienne du blé**

Photo: Couture, L., Station de recherche de Sainte-Foy, Agriculture Canada

FIGURE 41 — **Rhynchosporiose**

Photo: Dostaler, D. Département de phytologie, Université Laval, Sainte-Foy

FIGURE 42 — **Fusariose de l'épi du blé**

Photo: Couture, L. Station de recherche de Sainte-Foy, Agriculture Canada

FIGURE 43 — **Piétin-échaudage**

Moyens de lutte
— détruire, de préférence en les brûlant, les résidus de culture de maïs et de blé
— pratiquer une rotation avec des non-graminées (TABLEAU 38)
— choisir un cultivar précoce et à paille plus longue que la moyenne : les cultivars de ce type échappent mieux aux contaminations
— traiter les semences avec un fongicide.

Piétin fusarien

Agent pathogène : Plusieurs *Fusarium*, principalement *graminearum* et *culmorum*

Les champignons qui occasionnent cette maladie, occasionnent également la fusariose de l'épi. Tout comme le piétin échaudage, le piétin fusarien s'attaque aux racines et aux pieds des plantes de céréales, causant leur dessèchement. À la base de la tige, on peut reconnaître le champignon par sa couleur brune, jamais noire ; c'est une caractéristique de l'infection par des *Fusarium*. Le piétin fusarien est favorisé en saison sèche.

Moyens de lutte
— traiter la semence avec un fongicide
— pratiquer une rotation avec une non-graminée
— équilibrer la fumure et améliorer la condition physique du sol.

Piétin-échaudage du blé

Agent pathogène : *Gaeumannomyces graminis*

Cette maladie attaque les racines et le pied des plantes de blé. Les plantes atteintes produisent des épis stériles lorsque l'infection a lieu avant l'épiaison ; la plante entière se dessèche alors sur pied. À la base de la tige, on peut reconnaître le feutrage noir luisant caractéristique du champignon responsable.

Le champignon survit dans le sol, sur les débris de végétation enfouis. Il peut être disséminé par les instruments aratoires utilisés pour les travaux du sol. Il peut aussi survivre sur les autres plantes de la famille des graminées.

Le piétin-échaudage est en progression au Québec et il n'y a pas de cultivars résistants. La maladie est favorisée par des températures du sol de l'ordre de 12 à 18°C, surtout dans les sols mal drainés, peu fertiles, compactés et à pH élevé.

Moyens de lutte
— éliminer les graminées adventices
— pratiquer une rotation avec une non-graminée (le champignon survit au moins deux ans dans le sol en l'absence d'une culture sensible)
— nettoyer les instruments aratoires avant de les introduire dans un champ de céréale
— éviter les semis denses, qui permettent la propagation plus rapide de la maladie d'une plante à l'autre par le contact des racines
— équilibrer la fumure avec du phosphore et ne pas appliquer tout l'azote au semis
— améliorer les propriétés physiques du sol.

Maladies du seigle et du triticale

L'ergot est la principale maladie du seigle de printemps.
Les maladies qui affectent le triticale sont à peu près les mêmes que celle qui affectent le blé. Le triticale se caractérise tout de même par sa résistance à la jaunisse nanisante; par ailleurs, certains cultivars sont sensibles à l'ergot.

Effets de rotations

Les charbons, les rouilles et la jaunisse nanisante ne sont pas influencés par les rotations chez les céréales à paille. Par ailleurs, la plupart des autres maladies peuvent être intensifiée d'une année à l'autre par la monoculture. La rotation des cultures devient alors un moyen très utile de réduire le niveau d'infestation des champs. Le tableau 38 indique les maladies qui peuvent être propagées aux céréales par certaines cultures qui les précèdent. Il met en évidence l'avantage marqué de l'avoine par rapport aux autres céréales dans la succession des cultures pour la lutte aux maladies.

Traitement des semences

Le traitement des semences avec des fongicides est une pratique fortement recommandée. Les fongicides contribuent à protéger les plantules contre divers champignons du sol et de la semence et permettent ainsi un meilleur établissement. Ils sont aussi un excellent moyen de lutte contre les charbons. Le faible coût de ces traitements peut rapporter de très grands bénéfices puisqu'ils protègent la plante lors de son développement initial.

Lors du traitement des semences, il est strictement indispensable d'observer deux critères :

— respecter la dose inscrite sur l'étiquette du produit : une dose inférieure nuit à l'efficacité du traitement alors qu'une dose supérieure peut causer des problèmes de phytotoxicité (germination réduite, croissance ralentie, etc.)

TABLEAU 38 — **Maladies propagées aux céréales par la culture précédente dans le cadre d'une rotation**

Culture précédente	Maladie transmise sur		
	avoine	orge	blé
Avoine	septoriose	—	—
Orge	—	**ergot** **rhynchosporiose** **tache helminthosporienne** **rayure réticulée** **oïdium**	**ergot** **septoriose**
Blé	—	ergot tache helminthosporienne	ergot fusariose piétin-échaudage septoriose oïdium tache helmintosporienne
Triticale	—	**ergot**	**ergot** **fusariose** **piétin-échaudage** **septoriose**
Seigle	—	ergot rhynchosporiose	ergot fusariose
Maïs	—	—	**fusariose**
Graminées fourragères	—	ergot rhynchosporiose tache helminthosporienne	ergot fusariose piétin-échaudage
Sarrasin	—	—	—
Légumineuses fourragères	—	—	—
Légumineuses protéagineuses	—	—	—
Pomme de terre	—	—	—
Tournesol	—	—	—
Crucifères oléagineuses	—	—	—
Crucifères fourragères	—	—	—
Tabac	—	—	—
Lin	—	—	—

— répartir uniformément le produit sur toutes les semences : il faut agiter le grain traité jusqu'à ce que toutes les graines aient reçu une quantité à peu près égale de produit sinon les semences peu ou pas traitées ne reçoivent aucune protection. Pour celà, il ne devrait idéalement rester aucun résidu visible sur les parois du récipient servant au traitement.

Le tableau 39 donne la liste des fongicides actuellement disponibles pour le traitement des semences de céréales ainsi que leur activité à l'égard des charbons. La plupart de ces fongicides exercent aussi un certain effet inhibiteur sur les autres champions présents dans les semences. De nouveaux fongicides peuvent s'ajouter d'ici quelques années. Toutes les recommandations de l'étiquette doivent être appliquées. De plus, l'insecticide lindane ainsi que diverses préparations commerciales (TCMTB + lindane, manèbe + lindane, carbathiine + lindane, carbathiine + thirame + lindane) sont disponibles pour ajouter une protection supplémentaire contre les taupins (vers-fil-de-fer). Ce problème survient fréquemment sur les retours de prairies et une protection des semences au lindane est tout à fait indiquée dans ces circonstances.

Fongicides en végétation

Les fongicides doivent être vus comme un moyen complémentaire aux bonnes pratiques culturales dans la lutte contre les maladies. Il n'y a que deux spécialités actuellement disponibles pour traitement des céréales de printemps en végétation au Canada : le TILT (propiconazole), pour l'orge et le blé, et le DITHANE M-45 (mancozèbe) pour le blé. Le BAYLETON (triadiméfon) n'est pas présentement autorisé chez les céréales de printemps. Les autorisations peuvent changer dans le temps avec l'addition de nouvelles substances ou encore l'introduction d'utilisation nouvelles pour des substances déjà enregistrées pour d'autres cultures. Pour l'utilisation des fongicides en végétation, il faut toujours suivre les prescriptions de l'étiquette du produit et s'assurer que les traitements envisagés sont justifiés.

TABLEAU 39 — **Fongicides pour le traitement des semences de céréales**

Fongicide	Type	Activité à l'égard des charbons	
		Charbon à contamination externe	Charbon à contamination interne
Formaldéhyde	Contact	oui	non
Thiocyanométhylthiobenzothiazole (TCMTB) (BUSAN 30) (BUSAN 1015)	**Contact**	**oui**	**non**
Métiram (POLYRAM)	Contact	oui	non
Mancozèbe (DITHANE M-45)	**Contact**	**oui**	**non**
Manèbe (MANZATE D) (AGROX N-M) (AGROX FLOWABLE) (CO-OP N-M)	Contact	oui	non
Carbathiine (VITAFLO 250) (VITAVAX SINGLE SOLUTION)	**Systémique**	**oui**	**oui**
Carbathiine + thirame (VITAFLO 280) (VITAVAX POWDER) (VITAVAX 200)	Systémique + contact	oui	oui

RAVAGEURS

Insectes

Oiseaux

Rongeurs

André Comeau et Conrad Cloutier

Les ravageurs les plus importants sont les insectes, mais les oiseaux et les rongeurs occasionnent aussi des pertes. Ces pertes sont en général sporadiques et localisées. Les pucerons, cependant, peuvent causer plus de problèmes en tant que vecteur de virus.

Les produits recommandés dans ce bulletin sont enregistrés. La loi et les règlements sur les pesticides peuvent en tout temps entraîner le retrait ou des modifications dans l'utilisation d'un produit.

ANNEXE A — RAVAGEURS

Identifications des espèces de pucerons

Insectes

Insectes attaquant la semence en terre

Les insectes qui attaquent la semence mise en terre sont rarement un problème sérieux. Cependant, à la suite d'un été sec suivi d'un hiver doux, les larves de taupins (vers fil-de-fer) peuvent se retrouver dans les rotations céréalières, alors qu'en temps normal ces insectes n'infestent que les semis effectués sur un retour de prairie ou de pâturage.

Vers-fil-de-fer (taupins)

Les larves de taupins sont dures, de forme cylindrique, de couleur variant de jaune pâle au brun rougeâtre, elle se rencontrent surtout dans les retours de prairies ou de pâturages. Le vers-fil-de-fer se tient près de la nappe d'eau du sol ; les infestations majeures se manifestent au printemps lorsque le sol est gorgé d'eau.

Afin de prévenir les infestations de taupins, il faut éviter les rotations prairie-céréale ou pâturage-céréale. L'utilisation d'un traitement de semence contenant du lindane[1] réprime efficacement les vers-fil-de-fer.

Insectes attaquant les plantes en croissance

Pucerons

Certaines espèces de pucerons représentent, à chaque année, une menace réelle pour les céréales de printemps. Aussi, il est très important de savoir les identifier.

Les pucerons sont des insectes de trois millimètres ou moins de longueur, avec ou sans ailes, de couleur allant du jaune au vert à presque noir selon les espèces. Ils peuvent se multiplier très rapidement et se tiennent généralement en familles comportant des individus de différentes tailles sur la tige, les feuilles ou les épis. Les individus sans ailes sont sédentaires alors que ceux avec des ailes émigrent en masse.

Les dommages les plus importants sont indirects, les pucerons étant vecteurs de virus dangereux. Cependant, l'insecte lui-même peut causer directement des pertes de récolte.

Les pertes indirectes surviennent lors d'une épidémie de jaunisse nanisante (voir la section « Maladies »). En effet, cette maladie est propagée exclusivement par les pucerons. Le **puceron des graminées** est l'espèce qui véhicule les isolats de virus les plus dommageables. Il est donc important d'identifier cette espèce au champ (voir page 118). En cas de doute, des tests sérologiques peuvent confirmer la présence du virus. Ces tests peuvent se faire sur quelques grammes de feuilles séchées à la température ambiante.

Par ailleurs, toutes les espèces peuvent, à l'occasion, causer des dommages directs. En effet, les pucerons, lorsqu'ils sont nombreux, souillent le feuillage d'un miellat collant. Ce miellat cause un choc osmotique qui dessèche la plante ; il constitue également un substrat pour les moisissures. Les réductions de rendements sont marquées lorsqu'il y a plus de dix pucerons par talle entre le moment de l'épiaison et celui du stade pâteux du grain. L'orge et le blé sont plus sensibles aux dégâts directs que l'avoine. Le rendement en farine du blé panifiable peut être affecté.

Moyens de lutte

Ennemis naturels

Les ennemis naturels que sont les coccinelles, les syrphides, les guêpes parasites et autres, permettent généralement de maintenir la population de pucerons à un niveau acceptable. La coccinelle joue un rôle important au printemps ; plus tard en saison, les guêpes parasites minuscules transforment les pucerons en momies dorées, cuivrées ou noires. **Les insecticides de contact** tuent quelquefois plus d'ennemis naturels que de pucerons et sont **donc moins utiles dans les cultures céréalières**, car leur utilisation peut entraîner une pullulation subséquente de pucerons.

Lorsque les coccinelles sont abondantes, il n'est pas nécessaire de traiter même lorsque le seuil de dix pucerons par tige est atteint. Si l'on compte dix coccinelles adultes (ou grosses larves) à la minute, le seuil d'intervention passe à vingt pucerons par tige.

Répression

Lors d'une infestation sévère de pucerons au stade de la feuille étendard ou sur l'épi en cours de remplissage, une pulvérisation aérienne est la seule option possible pour éviter le dommage causé par le miellat. Appliquer du diméthoate (CYGON) 48 E à la dose de 0,5 litre par hectare. Le diméthoate est préféré pour le meilleur rapport coût-bénéfice, mais il existe d'autres produits homologués : disulfoton (DI-SYSTON), déméton (SYSTOX), oxydémeton-methyl (METASYSTOX-R), malathion. Si le virus de la jaunisse nanisante a déjà été transmis par les pucerons, aucun traitement n'est rentable. L'élimination des insectes n'empêche pas les effets du virus de se manifester.

[1] LINDANE PFIZER, MERGAMMA N-M, MEGAMMA Flowable, BUSAN Dual Purpose, CO-OP N-M Dual Purpose, VITAFLO DP, VITAVAX Dual Solution, VITAVAX Dual Powder

Il n'est pas recommandé de traiter préventivement les céréales de printemps lors du semis avec un aphicide systémique : les probabilités d'infection virale sont assez faible durant le premier mois de la végétation.

Légionnaire uniponctuée (*Pseudaletia unipuncta*)

La légionnaire uniponctuée est une chenille nocturne très vorace, qui s'attaque à plusieurs cultures et plus particulièrement aux graminées. La larve atteint environ 50 millimètres de longueur et est généralement de couleur brun verdâtre avec deux bandes jaunâtres ou orangées de chaque côté du corps. Du 15 juillet au 5 août environ, il faut surveiller de près les champs de céréales et les cultures avoisinantes (prairies et pâturages surtout), car les attaques sont imprévisibles. Les pièges à phéromone permettent maintenant de suivre l'évolution de l'abondance des adultes, ce qui peut en faciliter la détection.

Moyens de lutte

Prévention

Les champs infestés de chiendent sont plus sujets aux infestations. Un bon programme de répression doit toujours débuter par l'élimination de cette mauvaise herbe tôt en saison, dans et en bordure des champs.

Répression

Le réseau d'avertissements phytosanitaires émet des avertissements lorsque le seuil critique de 10 papillons par piège par nuit est atteint. L'évaluation des risques doit se faire pour chaque champ et pour les zones incultes avoisinantes. Un traitement en bordure, avec un produit systémique, suffit parfois à arrêter une invasion de chenilles provenant d'un champ voisin.

Le traitement localisé est requis là où on trouve en moyenne une jeune chenille de moins de 20 millimètres pour quatre plants de maïs, ou bien 55 à 65 chenilles au mètre carré dans les céréales à paille ou les prairies. Il est important d'inspecter chacun des champs de façon assez exhaustive pour découvrir les foyers d'infestation avant que les larves ne migrent.

Le traitement n'est plus rentable lorsque les chenilles ont atteint leur pleine longueur de 40 à 50 millimètres. Comme les larves grandissent vite, passant de 20 à 40 millimètres dans environ six jours, la marge de manoeuvre est brève. **Le traitement n'est également plus valable lorsque les larves sont parasitées ou malades.** Le parasitisme est reconnu par des petits oeufs sur les larves ou des petits cocons blancs sur le sol. Les maladies causent un jaunissement, un brunissement et la décomposition des larves.

Si le traitement insecticide est approprié, on peut utiliser l'un des produits ci-dessous :

méthomyle (LANNATE L, LANNATE SP, NUDRIN) (délai 20 jours). Le LANNATE L n'est pas homologué pour l'avoine.
carbaryl (SEVIN) (délai 14 jours)
trichlorfon (DYLOX 80 SP, DYLOX 420, DYNEX) (délai 21 jours)

Autres produits homologués :
chlorpyrifos (LORSBAN),
malathion,
méthoxychlore.

Tous ces produits, sauf le trichlorfon, sont très toxiques pour les abeilles. **Les larves étant plus actives à la brunante, mieux vaut traiter en fin de journée, après 17 heures, pour maximiser l'efficacité de l'insecticide et éviter d'empoisonner les abeilles.** Parmi ces produits, le méthomyle est le plus toxique pour les humains ; le port de gants, de masque, de lunettes et d'habit protecteur est recommandé.

DANGER	IMPORTANT
Bien lire les étiquettes. Utiliser un équipement de protection pour l'application d'insecticides.	Traiter le soir pour protéger les abeilles et tuer le maximum de chenilles.

Criquets (*Acrididae*)

Les oeufs de criquets sont pondus à l'automne dans les pâturages et en bordure des champs. Au printemps, les jeunes criquets s'attaquent aux prairies, puis envahissent les champs de céréales, de légumes, etc. C'est principalement en période de sécheresse que les criquets font des dégâts.

Oscine (diptère des tiges de céréales) (*Oscinella frit* et *O. pusilla*)

Petite larve blanchâtre ou jaune pâle qui se retrouve entre la gaine foliaire et la tige, surtout au niveau des noeuds inférieurs. Seule la dissection de la plante permet de confirmer la présence de ces larves chez l'orge et le blé. Chez l'avoine, la présence de nombreuses larves s'accompagne de divers symptômes : épaississement de la tige, prolifération de tissus entre la gaine et la tige et nanification de la plante. L'avortement des fleurs peut se manifester chez les trois espèces de céréales.

Photo Drouin, D. Service de recherche en phytotechnie de Québec, MAPAQ

FIGURE 44 — **Puceron des graminées, nymphe de deux heures, nymphe de 24 heures et adulte aptère**

Photo Comeau, A., Station de recherche Sainte-Foy, Agriculture Canada

FIGURE 45 — **Puceron des céréales**

Photo Tartier, L., Service de recherche de phytotechnie de Saint-Hyacinthe, MAPAQ

FIGURE 46 — **Infestation de cucujides**

Photo Tartier, L., Service de recherche en phytotechnie de Saint-Hyacinthe, MAPAQ

FIGURE 47 — **Cucujide roux; le germe est attaqué**

Criocère des céréales (*Oulema melanopus*)

Petit coléoptère d'environ cinq millimètres de longueur, de couleur noir bleuté, avec les pattes et le thorax orange foncé. La larve ressemble à une petite limace. L'adulte et la larve s'attaquent principalement à la surface des feuilles de céréales qu'ils dévorent le long des nervures. Cet insecte n'a pas encore d'importance économique au Québec.

Thrips (*Limothrips cerealium* et *L. denticornis*)

Petits insectes ailés, minuscules et de forme linéaire qui se rencontrent fréquemment sur les feuilles de céréales. Une trop grande abondance de ces insectes peut provoquer une décoloration des feuilles et favoriser certaines maladies fongiques.

Cécidomyie du blé (*Sitodiplosis mosellana* et *Contarinia tritici*)

Petite larve orangée d'environ deux millimètres de longueur que l'on retrouve dans les fleurs ou les graines en développement chez le blé. L'adulte, un petit diptère d'environ deux millimètres de longueur, se distingue par son aspect frêle et la couleur orange de son corps. Cette espèce a causé récemment des dommages importants dans l'Ouest canadien. Au Québec, le problème est encore négligeable mais cet insecte est à surveiller car il peut réduire le rendement et la qualité de la récolte en suçant le suc du grain au stade laiteux.

Mouche de Hess (*Mayetiola destructor*)

Ce diptère, qui dévore l'intérieur des tiges aux entrenoeuds du bas, n'a pas été signalé au Québec depuis plusieurs années. La pupe, en forme de graine de lin, est insérée entre la gaine et la tige et se retrouve normalement parmi les tiges brisées sous l'action de l'insecte.

Insectes attaquant le grain entreposé

Les espèces sont très nombreuses et leur identification requiert les services d'un entomologiste[1]. Voir la section : « Récolte et conservation de grains secs », pour des détails supplémentaires et pour les méthodes de répression.

Oiseaux

Les attaques débutent au stade laiteux et se continuent en général jusqu'au stade pâteux. Les cultivars barbus sont un peu moins attaqués. Les dommages au champs sont rarement substantiels. À l'entreposage, les oiseaux peuvent ruiner la qualité d'un grain destiné à l'alimentation humaine, en le souillant de plumes et d'excréments.

Parmi les principaux moyens de répression, l'utilisation d'épouvantails, de canons, d'ultrasons, d'armes à feu au moment propice sont valables, mais les oiseaux s'habituent rapidement. Il faut donc changer fréquemment de méthodes de lutte.

[1] Une identification approximative peut être obtenue à partir de certains textes comme :
- **Insectes dans le grain entreposé à la ferme**, Publication 229, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario
- **Parasites des grains entreposés** — Division de l'inspection, Commission canadienne des grains
- **Storage of cereal grains and their products**, 1982. Am. Assoc. Cereal Chemists, St-Paul, Min. USA

Rongeurs

Les rongeurs ont peu d'importance au champ, mais ils peuvent poser des problèmes majeurs à l'entreposage dans le cas de grains destinés à l'alimentation humaine. L'entretien et l'inspection des structures d'entreposage ainsi que la propreté à l'intérieur et à l'extérieur des structures sont toujours de mise.

Identification des espèces de pucerons

Description biologique des espèces

Les céréales peuvent être infestées par quatre espèces communes de pucerons :
Acyrthosiphon dirhodum, Sitobion avenae, Rhopalosiphum maidis et Rhopalosiphum padi.

On peut rencontrer occasionnellement d'autres espèces, mais elles sont rares et n'ont que peu ou pas d'importance économique sauf peut être *Rhopalosiphum insertum*, espèce mal connue parce que trop semblable à *Rhopalosiphum padi* pour être facile à identifier.

Puceron des graminées (*Rhopalosiphum padi*, « oat bird-cherry aphid »)

Cette espèce est le plus dangereux vecteur de virus. Insecte d'environ deux millimètres de longueur, au corps sphérique de couleur vert olive à noirâtre avec une région brun rougeâtre entourant la base des cornicules ; les appendices sont moyennement longs, les antennes effilées, le dernier segment étant égal à environ le tiers de la longueur de l'antenne ; le bout des cornicules se termine en trompette.

Cette espèce passe l'hiver sous forme d'oeufs diapausants sur les rosacées ligneuses. Elle s'observe de juin à novembre. Par ailleurs, des migrations importantes en provenance de sud, se produisent en général de la fin de juillet à octobre.

Quant à *Rhopalosiphum insertum*, cette espèce est plus difficile à observer car elle habite le collet des plants au niveau du sol. C'est en arrachant les plantes que l'on trouve le plus facilement l'insecte.

Puceron des céréales (*Sitobion* (*Macrosiphum*) *avenae*,. « *English grain aphid* »)

Cette espèce est assez souvent porteuse de virus.
Insecte d'environ trois millimètres de longueur, au corps allongé de couleur verte,parfois partiellement ou presque entièrement brunâtre ou noirâtre ; les appendices sont allongés, les cornicules et les antennes noires, les pattes ont des sections pâles et foncées en alternance.

Cette espèce semble passer l'hiver sur des graminées. Elle vit sur le feuillage et les épis et s'observe de mai à novembre mais surtout en août sur les épis.

Puceron du maïs (*Rhopalosiphum maidis*, « corn leaf aphid »)

Cette espèce est quelquefois porteuse de virus. Insecte d'environ deux millimètres de longueur, au corps rectangulaire, aplati, de couleur vert bleuté à noir ; les antennes et autres appendices sont courts et foncés ; les pointes du dernier segment antennaire sont courtes, mesurant environ deux fois la longueur de la base de ce segment.

Cet insecte n'hiverne pas sous nos conditions climatiques. Il migre en nuées vers la fin de juillet ou le début d'août. Il peut former des colonies très denses dans la gaine de l'épi en gonflement et par la suite, sur la feuille étendard de l'orge. On l'observe surtout en août, sur l'orge et le maïs seulement. Le puceron du maïs ne réussit pas à se multiplier sur l'avoine et le blé.

Puceron psychrophile (*Acyrthosiphon dirhodum* « rose grass aphid »)

Cette espèce est rarement porteuse de virus. Insecte d'environ trois millimètres de longueur, au corps et aux appendices allongées, de couleur uniforme pâle, allant de jaune à vert, parfois rose. On le retrouve sur le feuillage, souvent en petits groupes d'individus en file. Cette espèce passe l'hiver sous forme d'oeufs diapausants sur les rosiers ligneux. Elle s'observe rarement en période de canicule mais devient quelquefois abondante à la fin de l'été et à l'automne. On en trouve peu à l'est de Québec.

Clé d'identification

La clé d'identification suivante est basée sur des individus aptères mais permet aussi l'identification d'individus ailé (TABLEAU 40). L'utilisation d'une loupe est recommandée pour l'examen des spécimens. De plus, ces spécimens doivent être frais (FIGURE 44).

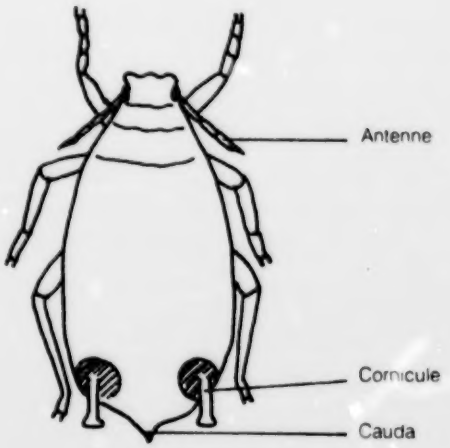


FIGURE 48 — **Anatomie élémentaire des pucerons**

TABLEAU 40 — **Clé d'identification des principales espèces de pucerons des céréales**

1 — Appendices (antennes, pattes et cornicules) et corps de couleur uniforme, jaune ou vert pâle, parfois rose	*Acyrthosiphon dirhodum*
— *Appendices de couleur foncée, au moins en partie*	*voir 2*
2 — ***Pointe effilée du dernier segment antennaire courte, ne dépassant pas les 2/3 de la longueur de ce segment ; cornicules courts, pattes courtes, antennes courtes mesurant un peu plus du tiers de la longueur du corps***	***Rhopalosiphum maidis***
— **Pointe du dernier segment longue, égale à au moins les 3/4 de sa longueur totale**	voir 3
3 — Cornicules longues et uniformes, noires ; corps allongé de couleur verte, parfois avec une région dorsale brunâtre; antennes à peu près de la longueur du corps	*Sitobion avenae*
— Cornicules courtes, au bout terminé en trompette ; corps sphérique de couleur vert olive avec région rougeâtre à noirâtre à la base des cornicules	voir 4
4 — **Antennes trapues et globuleuses de 5 ou 6 segments, dernier segment égal à presque la moitié de la longueur de l'antenne**	***Rhopalosiphum insertum***
— **Antennes effilées de 6 segments, dernier segment égal à environ 1/3 de la longueur de l'antenne**	***Rhopalosiphum padi***

RÉCOLTE DES GRAINS

Moisonneuse-batteuse

Condition idéale d'opération de la moisonneuse-batteuse

Teneur en eau à la récolte (grains secs)

Andainage

Appréciation du travail de battage

Évaluation des pertes à la récolte

Serge Fortin

La récolte des céréales demeure toujours un compromis entre plusieurs objectifs souhaitables mais incompatibles : battage complet, pertes minimales, intégrité et propreté des grains, rapidité d'exécution. Le propriétaire de la récolte et l'opérateur de la machine doivent donc faire des choix quant à la façon de procéder pour la récolte. Une bonne connaissance de la machine et de ses principes d'opérations est un premier pas vers une récolte efficace.

Moissonneuse-batteuse

La moissonneuse-batteuse effectue un excellent travail de récolte lorsqu'elle est ajustée et opérée correctement. Elle est une machine complexe composée de divers mécanismes : coupe (ou ramassage des andains), alimentation, battage, séparation des grains de la paille, nettoyage des grains.

Les mécanismes composant la moissonneuse-batteuse conventionnelle sont illustrés à la figure 49. Avec ce type de machine, le matériel à battre s'écoule perpendiculairement à l'axe du cylindre-batteur et la séparation des grains de la paille s'effectue au contre-batteur et aux secoueurs.

Les mécanismes de la moissonneuse-batteuse dite à écoulement axial sont illustrés à la figure 50. Avec ce type de machine, le matériel à battre s'écoule parallèlement à l'axe du cylindre-batteur. Les secoueurs sont remplacés par le prolongement du cylindre-batteur qui est entouré d'une grille de séparation. La séparation des grains de la paille se fait au niveau de cette section du cylindre et au contre-batteur.

Chaque mécanisme de la moissonneuse-batteuse est une source directe ou indirecte de pertes de grains. Pour minimiser ces pertes, l'opérateur doit comprendre les fonctions, les principes d'opération et les réglages possibles de chaque mécanisme.

L'information présentée dans ce guide est partielle et générale. Cependant, le manuel de l'opérateur propre à chaque machine contient toute l'information sur l'entretien et le réglage de la moissonneuse-batteuse.

Mécanisme de coupe

Le mécanisme de coupe comprend la barre de coupe et le rabatteur.

Les pertes les plus importantes se produisent souvent à ce niveau à cause d'un secouage excessif des tiges occasionné par un affûtage insuffisant de la faux et par un mauvais réglage du rabatteur.

Toutes les moissonneuses-batteuses munies d'une tête à céréales devraient être équipées d'un rabatteur-ramasseur à dents afin de faciliter la récolte de céréales versées.

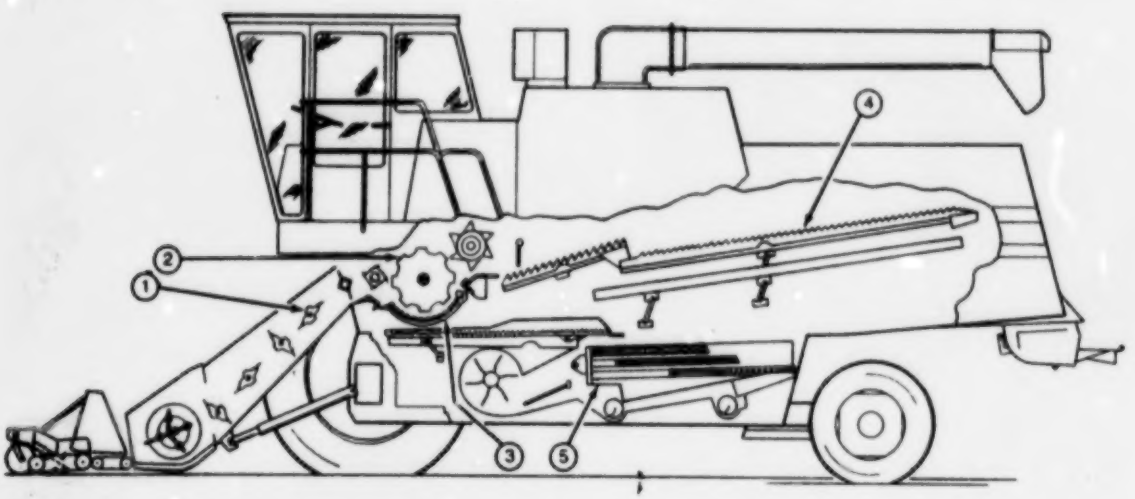


FIGURE 49 — **Moissonneuse-batteuse conventionnelle**

1 — Convoyeur d'alimentation
2 — Cylindre-batteur
3 — Contre-batteur
4 — Mécanisme de séparation
5 — Mécanisme de nettoyage

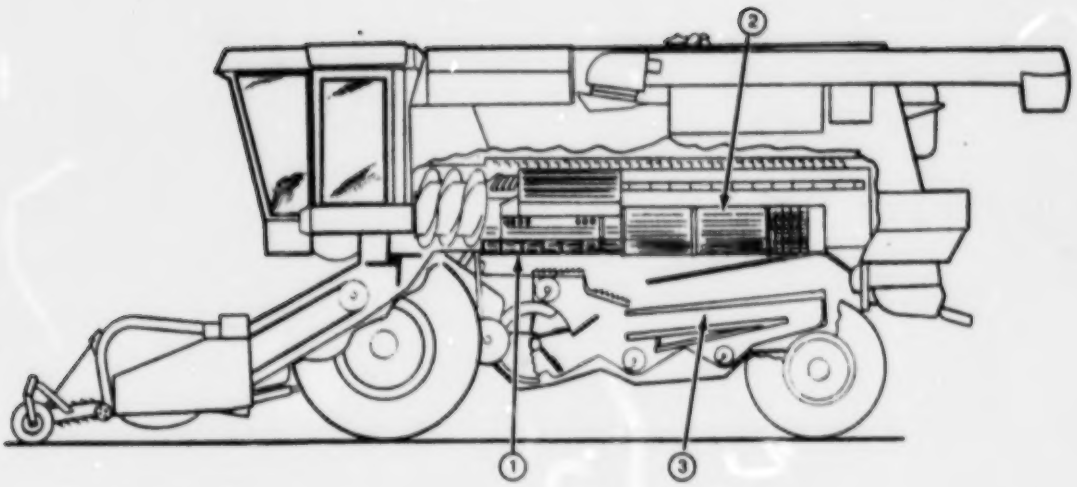


FIGURE 50 — **Moissonneuse-batteuse à écoulement axial**

1 — Mécanisme de battage (cylindre et contre-batteur)
2 — Mécanisme de séparation (prolongement du cylindre et grille de séparation)
3 — Mécanisme de nettoyage

En récolte non-versée, le rabatteur doit toucher la tige juste au-dessous de l'épi. La vitesse de rotation du rabatteur doit être supérieure de 25 % à la vitesse d'avancement de la machine ce qui donne l'impression que le rabatteur tire lentement la moissonneuse-batteuse dans la récolte.

Mécanisme d'alimentation

Le mécanisme d'alimentation comprend la table, la vis amenant le matériel au centre de la table et le convoyeur d'alimentation du mécanisme de battage.

Les réglages apportés à ce mécanisme doivent favoriser l'écoulement uniforme du matériel à battre depuis la table jusqu'au mécanisme de battage afin d'éviter la formation de bouchons.

Les principaux ajustements du mécanisme d'alimentation sont la hauteur de la vis par rapport au fond de la table, sa position (plus ou moins avancée) par rapport à la barre nettoyeuse (fer angle monté au dos de la table) et l'ajustement de l'avance ou du retard de la sortie des doigts rétractiles (au centre de la vis).

Une fois ces réglages effectués, l'opérateur doit maintenir une quantité uniforme de matériel fauché en variant la hauteur de coupe et la vitesse d'avancement.

Mécanisme de battage

Qu'il soit de type conventionnel ou axial, le mécanisme de battage détache les grains des épis par friction et par impact en forçant le matériel, qui doit être battu, à passer entre le batteur (cylindre muni de râpes) et le contre-batteur (grille très robuste). Lorsque l'on fauche une paille très abondante, le battage est plus difficile car le coussin de matériel à battre est plus épais.

Le mécanisme de battage comporte deux réglages : la vitesse de rotation du cylindre et l'écartement entre le cylindre et le contre-batteur. Le manuel de l'opérateur suggère des réglages typiques selon les diverses espèces de grains. Cependant, ces réglages varient en fonction de plusieurs facteurs comme la teneur en eau des grains, l'humidité de la paille, la densité de la récolte, la longueur de la paille fauchée et la présence de matériel vert. Les réglages optimaux ne sont donc pas permanents mais doivent être modifiés d'un champ à l'autre et parfois au cours d'une même journée (par exemple : humidité supérieure le matin par rapport au milieu de l'après-midi). Pour le battage des grains humides, les réglages ne diffèrent pas beaucoup : la vitesse de rotation du cylindre peut être supérieure pour favoriser un battage complet et on peut réduire la vitesse d'avancement.

Un battage trop agressif détache tous les grains des épis mais en brise une partie importante. De plus, la paille excessivement déchiquetée surchage les mécanismes de séparation et de nettoyage, ce qui entraîne des pertes plus élevées à ces niveaux. Le travail de battage est donc un compromis.

L'observation des grains dans le réservoir et des rejets de la machine ainsi que la mesure des pertes indiquent à l'opérateur les réglages requis afin de minimiser les pertes. On ne doit pas modifier simultanément la vitesse de rotation du cylindre et l'écartement du contre-batteur. Il faut plutôt procéder à une seule modification et en apprécier le résultat avant de changer le réglage de l'autre élément.

Mécanisme de séparation

Type conventionnel

La séparation des grains de la paille doit s'effectuer à plus de 90 % au niveau du contre-batteur, le reste étant séparé aux secoueurs. La paille ne doit donc pas être trop abondante ni trop déchiquetée afin d'assurer une séparation efficace.

Les secoueurs sont généralement le premier mécanisme de la machine à être débordé. Ils peuvent donc limiter la capacité de battage de la moissonneuse-ébatteuse ; une surcharge à ce niveau entraîne des pertes excessives de grains.

Type axial

Dans les machines de type axial, la séparation des grains de la paille se complète à la partie arrière du cylindre batteur. Le mouvement spiralé du matériel se poursuit et les grains passent au travers une grille plus large. Les grains se séparent de la paille en partie par la force centrifuge.

Ce mécanisme de séparation est plus efficace que les secoueurs et il ne limite généralement pas la capacité de battage de la machine.

Mécanisme de nettoyage

Le nettoyage des grains s'effectue par tamisage et ventilation.

La grille supérieure laisse passer les grains détachés et les bouts d'épis non-battus et rejette les débris grossiers, alors que la grille inférieure ne laisse passer que les grains détachés. La section arrière de la grille inférieure, permet le passage des bouts d'épis non-battus pour qu'ils retournent au mécanisme de battage.

Le mécanisme de nettoyage comporte deux réglages : l'ouverture des grilles supérieure et inférieure et le débit d'air du ventilateur. Le manuel de l'opérateur suggère des réglages typiques selon les diverses espèces de céréales. Ces réglages sont modifiés en fonction des conditions d'opération. L'observation des grains recueillis dans le réservoir et des rejets de la machine indique à l'opérateur les réglages à effectuer. On ne doit pas rajuster simultanément l'ouverture des grilles et le débit d'air. On ajuste les grilles et, après appréciation des résultats, on modifie le débit d'air.

Une grille supérieure trop ouverte laisse passer trop de débris, surchargeant ainsi la grille inférieure. Si elle est trop fermée, le grain est très propre mais les pertes sont excessives. Une grille inférieure trop fermée retourne trop de grains détachés avec les otons (morceaux d'épis) vers le mécanisme de battage, surchargeant ce dernier et causant un bris excessif des grains. On peut toutefois réduire les pertes au champ en complétant le nettoyage des grains après la récolte. Le nettoyage des grains est donc un compromis.

Moniteurs électroniques

Les moniteurs électroniques aident considérablement l'opérateur à maintenir des conditions optimales de battage. Certains moniteurs avertissent l'opérateur en cas de ralentissement significatif d'un mécanisme de la machine. L'opérateur peut ainsi éviter l'encombrement de la moissonneuse- batteuse.

Les moniteurs de pertes indiquent le niveau relatif des pertes de la machine. Aucun moniteur ne peut évaluer ces pertes en termes absolus (kilogrammes à l'hectare). Il faut donc procéder régulièrement à la mesure des pertes de la machine pour régler l'indicateur des moniteurs de pertes. L'opérateur connaît ainsi la perte réelle lorsque l'aiguille pointe à un niveau donné.

Conditions idéales d'opération de la moissonneuse-batteuse

Les réglages de la moissonneuse-batteuse s'effectuent lorsqu'elle opère sous un régime normal et constant. Par la suite, il est primordial de maintenir ce régime en assurant une alimentation continue et uniforme de la machine. Ces mesures sont assurées en prenant les précautions suivantes :

— Ensemencer des champs longs afin de réduire le nombre de virages : à chaque virage, la machine se vide puis se remplit

— Éliminer les obstacles à contourner

— Varier la vitesse d'avancement et la hauteur de coupe de façon à maintenir un débit de matériel constant

— Éviter de produire des céréales sur des terrains dont la pente excède 15 %

— Utiliser une machine dont la largeur de coupe et la capacité de battage sont adaptées aux superficies et à la topographie des champs récoltés.

La moissonneuse-batteuse est conçue pour traiter du matériel parvenu à maturité. Tout matériel « vert » nuit considérablement à son bon fonctionnement. Il est donc essentiel de :

— Favoriser une maturité uniforme de la culture par des techniques culturales et un égouttement appropriés et par le choix de cultivars adaptés à nos conditions

— Réprimer efficacement les mauvaises herbes

— Ne récolter que la partie des tiges qui dépasse les herbages lorsque la céréale sert de plante-abri.

Enfin, il faut restreindre le volume de matériel qui alimente la machine en évitant de couper sur toute leur longueur les pailles trop abondantes. Il a été démontré que l'on peut doubler le rendement d'une moissonneuse-batteuse en réduisant de moitié la longueur de la paille coupée, sans augmenter les pertes de grains.

Teneur en eau à la récolte (grains secs)

La teneur en eau optimale pour la récolte des céréales se situe aux environs de 14 à 20 % pour le grain sec et de 25 à 35 % pour le grain humide.

Des grains trop secs amènent des pertes élevées au battage à cause du secouage des tiges à la barre de coupe. La paille très sèche s'émiette plus facilement et obstrue les mécanismes de nettoyage : il en résulte des grains moins propres et des pertes élevées au crible.

D'autre part, les grains et la paille trop humides surchargent les mécanismes de battage et de séparation paille/grain ce qui occasionne des pertes importantes dans la paille rejetée. C'est pourquoi il faut réduire la vitesse d'avancement lors de la récolte de l'orge humide.

Enfin, les pertes au champ avant le battage proviennent de l'égrenage, de la verse, du secouage des tiges et des épis par le vent et la pluie, des dégâts causés par les oiseaux. Ces pertes peuvent être considérables chez certains cultivars. Il est préférable de récolter ces céréales à des teneurs en eau plus élevées et de les sécher à l'air naturel ou à l'air chaud plutôt que d'en retarder la récolte. On peut également envisager la conservation de ces grains sous forme humide. L'humidimètre électronique est l'appareil utilisé pour mesurer la teneur en eau des grains.

Andainage

L'andainage consiste à couper et à laisser sécher les céréales en andains sur le champ avant le battage. Cette opération présente certains avantages :

— Lorsque la maturité de la récolte est inégale, la teneur en eau est uniformisée
— Le matériel vert sèche mieux lorsque les mauvaises herbes ont été réprimées
— Les grains sèchent à l'air naturel
— La récolte peut être avancée de quelques jours

Par contre, l'andainage présente des inconvénients :

— Les pertes par secouage peuvent être plus élevées
— Une opération supplémentaire est effectuée
— La récolte est exposée aux intempéries, ce qui comporte des risques importants de pertes
— Les coûts de l'opération sont très élevés pour des superficies moyennes.

L'andainage doit être effectué lorsque les grains ont une teneur en eau de 30 à 35 % afin de réduire les pertes par secouage. La période de temps favorable à cette opération reste très courte car les grains parvenus à cette teneur en eau sèchent rapidement, même sur pied.

Enfin, l'andain doit reposer sur un chaume de 15 à 20 centimètres de hauteur pour que l'air circule dessous. L'andain doit être large afin que la moissonneuse-batteuse s'alimente sur toute sa largeur de travail. La répression des mauvaises herbes, le nettoyage et le séchage des grains sont des opérations qui peuvent compenser largement les avantages de l'andainage et à un meilleur coût.

Appréciation du travail de battage

L'évaluation du travail de battage s'effectue à deux endroits : dans le réservoir de la machine et au sol après le passage de la moissonneuse-batteuse. L'observation des grains récoltés permet de déterminer s'il y a la présence d'impuretés (balle, bouts de tiges, graines de mauvaises herbes) et d'évaluer l'état des grains de céréales. On ne doit pas y trouver de bouts d'épi non battus, ni de grains cassés ou écrasés.

Les mauvaises conditions de récolte (grains trop humides, présence de matériel vert, etc.) et le réglage inadéquat de la moissonneuse-batteuse augmentent considérablement le pourcentage de grains sales et brisés.

D'autre part, l'observation de la paille et des criblures rejetées par la machine permet d'évaluer le battage des épis, le déchiquetage des tiges et la quantité de grains rejetée.

Évaluation des pertes à la récolte

Dans de bonnes conditions, des pertes de trois à cinq pour cent du rendement total sont considérées normales et acceptables lors de la récolte.

Les pertes à la récolte sont occasionnées par la machine et par son opérateur. À ces pertes, s'ajoutent les pertes en pré-récolte imputables aux intempéries ou à la maturité trop avancée de la culture. Les pertes entraînées par la moissonneuse-batteuse et par l'opérateur se produisent à plusieurs niveaux : à la barre de coupe, au mécanisme de battage et aux mécanismes de séparation et de nettoyage. Lorsque la céréale sert de plante-abri, il est quasi impossible de mesurer les pertes à la récolte à cause du couvert végétal trop dense.

Pour mesurer les pertes à la récolte, il faut débrancher l'épandeur de paille et battre dans une partie représentative du champ sur une longueur d'environ 100 mètres, puis reculer d'une longueur de machine.

Cette opération doit être répétée à quelques endroits dans le champ récolté afin d'obtenir des résultats plus représentatifs des pertes réellement encourues.

Mesure des pertes de grains à la récolte des céréales

La figure 51 indique les sources de pertes lors de la récolte et les endroits où s'évaluent ces pertes. Les étapes suivantes font connaître la technique d'évaluation des pertes à la récolte.

Étape 1 : Pertes totales

À l'arrière de la machine, délimiter sur le sol à l'aide de ficelle et de fiches un rectangle de un mètre carré dont la largeur est celle de la barre de coupe de la moissonneuse-batteuse. La longueur de ce rectangle se calcule ainsi :

$$\text{Longueur en millimètres} = \frac{1000}{\text{Largeur de coupe (m)}}$$

À l'intérieur de ce rectangle, compter tous les grains libres et ceux sur les épis, tant au sol que dans l'andain rejeté par la machine.

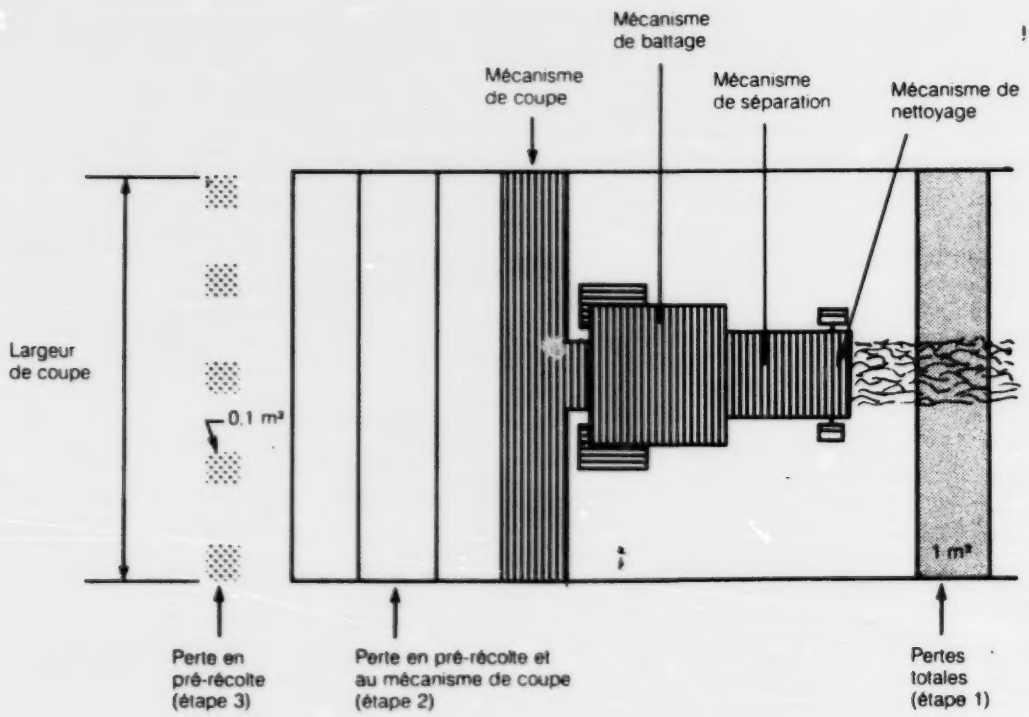


FIGURE 51 — **Pertes de grains à la récolte des céréales**

Noter le nombre de grains et à l'aide du tableau 41, déterminer la perte totale en kilogrammes à l'hectare. Le résultat est reporté au tableau 42, ligne 1.

Une perte totale inférieure à 5 % est considérée comme acceptable. Si elle est supérieure, il faut identifier la source de la perte excessive.

Étape 2 : Pertes en pré-récolte et au mécanisme de coupe

Dans la partie fauchée, à l'avant de la moissonneuse-batteuse, reproduire le rectangle décrit à l'étape 1. Procéder au comptage des grains libres et sur les épis à l'intérieur de ce rectangle.

À l'aide du tableau 41, établir la perte de grains en kilogrammes à l'hectare et reporter le résultat au tableau 42, ligne 2.

Étape 3 : Pertes en pré-récolte

Utiliser un cadre de fil métallique rigide de 0,1 mètre carré (333 millimètres x 300 millimètres). Poser le cadre au sol, dans la partie non-récoltée et y compter les grains détachés et ceux sur les épis tombés au sol et non-récoltables.

Répéter l'opération en cinq points différents. Faire le total des échantillons et multiplier ce nombre par 2 (pour ramener le comptage à une superficie de 1 mètre carré). À l'aide du tableau 41, calculer la perte en kilogrammes à l'hectare et reporter le résultat au tableau 42, ligne 3.

Étape 4 : Pertes au mécanisme de coupe

Faire la différence entre les lignes 2 et 3 du tableau 42. Le résultat indique la perte imputable au mécanisme de coupe. Cette perte devrait être inférieure à 2 % de la récolte. Dans le cas contraire, reviser les réglages du mécanisme de coupe et du rabatteur et affûter la faux au besoin.

Étape 5 : Pertes aux mécanismes de battage, de séparation et de nettoyage

Faire la différence entre les lignes 1 et 2 du tableau 42 : le résultat indique la perte due aux mécanismes de battage, de séparation et de nettoyage.

L'observation des rejets de la machine permet de préciser l'origine de ces pertes. Les épis non battus ou partiellement battus révèlent un réglage inadéquat du mécanisme de battage. Une quantité importante de grains libres indique soit un mauvais réglage du mécanisme de nettoyage soit une surcharge du mécanisme de séparation.

TABLEAU 41 — **Nombre de grains par mètre carré correspondant à une perte de 100 kilogrammes à l'hectare selon le poids de 1 000 grains de la récolte**

Poids de 1 000 grains (g)	Nombre de grain par mètre carré
30	333
32	312
34	294
36	278
38	263
40	250
42	238
44	227
46	217
48	208
50	200
52	197

Estimé du rendement

Le rendement peut être estimé à partir du nombre de grain pour un mètre carré et du poids en gramme de 1 000 grains. Utiliser un cadre de fil métallique rigide de 0,1 mètre carré (333 millimètres x 300 millimètres). Poser le cadre au sol, dans la partie non récoltée, et y compter le nombre d'épi. Pour quelques épis, compter le nombre de grains et faire une moyenne par épi.

Multiplier cette moyenne par le nombre d'épi. Répéter l'opération en cinq points différents. Faire le total des échantillons et multiplier par 2 (pour ramener le comptage à une superficie de 1 mètre carré).

On obtient le rendement ainsi :

$$\text{Rendement en kg/ha} = \frac{\text{nombre de grains par mètre carré}}{} \times \frac{\text{poids (g) de milles grains}}{} \times \frac{1}{100}$$

TABLEAU 42 — **Détermination des pertes de grains à la récolte des céréales**

Ligne 1 : Pertes totales (étape 1) :	..... kg/ha
Ligne 2 : Pertes en pré-récolte et au mécanisme de coupe (étape 2) :	..... **kg/ha**
Ligne 3 : Pertes en pré-récolte (étape 3) :	..... kg/ha
Pertes au mécanisme de coupe (ligne 2 - ligne 3) :	..... kg/ha
Pertes au mécanismes de battage, de séparation et de nettoyage (ligne 1 — ligne 2) :	..... **kg/ha**

CONSERVATION DES GRAINS SECS

Ennemis des grains secs entreposés

Recommandations pour une bonne conservation

Séchage des céréales

Ventilation des grains secs

Inspection des grains entreposés

Sécurité

Serge Fortin

Les grains entreposés peuvent se détériorer quant à leur valeur nutritive, leur taux de germination, leur apparence et leur odeur. Qu'ils soient consommés sur la ferme ou commercialisés, les grains endommagés représentent une valeur inférieure.

Ennemis des grains secs entreposés

Les grains entreposés se détériorent sous les effets de leur propre respiration, de l'activité des insectes et du développement des moisissures (FIGURE 52). Un petit foyer de détérioration peut s'étendre rapidement dans la masse de grains.

Respiration des grains secs

Les grains chauds et humides ou fraîchement récoltés respirent. Cette respiration contribue à la production de chaleur et d'humidité qui favorisent la croissance des ennemis des grains.

Activité des insectes et des acariens

Les insectes qui infestent les grains entreposés proviennent des grains de la récolte précédente et des débris de grains laissés dans la cellule, sous les planchers perforés et les conduites de ventilation, dans les vis de vidange, aux abords extérieurs des silos, dans les machines de récolte et dans les convoyeurs.

Les insectes se développent à une température de 15°C et plus dans des grains secs. Par contre, leur développement diminue à basse température et s'arrête en bas de 4°C. En plus de consommer et de salir les grains, les insectes dégagent de la chaleur et de l'humidité, ce qui crée un milieu favorable au développement des moisissures.

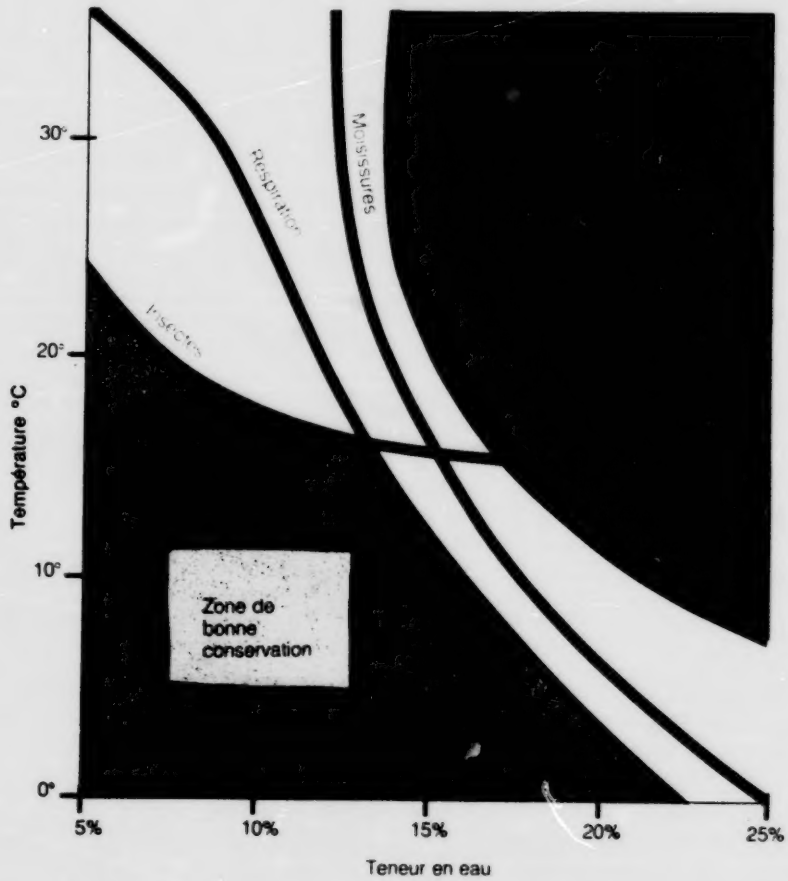


FIGURE 52 – **Zones de température et d'humidité propices aux facteurs de détérioration des céréales**

De petite taille, les acariens se développent lentement mais demeurent actifs même au froid, jusqu'à 4°C. Ils prolifèrent mieux dans des grains poussiéreux. Ils peuvent contribuer, comme les insectes, au développement de points chauds dans la masse de grain.

Développement des moisissures

Les moisissures sont toujours présentes, à l'état latent, dans les grains entreposés. Elles se développent dès que la teneur en eau du grain dépasse 15 %, surtout si la température est au-dessus de 10°C.

Le développement des moisissures entraîne des dégagements de chaleur et d'humidité qui rendent le milieu encore plus favorable à leur prolifération. Il suffit d'un point chaud dans une cellule pour que le chauffage se propage rapidement à toute la masse de grains.

Recommandations pour une bonne conservation

Pour faciliter la conservation des grains, il faut éviter les conditions qui favorisent la respiration du grain, l'activité des insectes et le développement des moisissures, entre autres une humidité et une température plus élevées que celle recommandées pour une bonne conservation.

Entretien et préparation des cellules

Les cellules doivent faire l'objet d'un entretien annuel. On doit les vidanger complètement à chaque année et ne jamais ajouter de nouveau grain par-dessus le grain de la récolte précédente à cause du risque élevé d'infestation par les insectes.

Par la suite, il faut nettoyer la cellule de tout grain ou débris qui adhère aux parois ou au joint de fondation ou qui se loge sous les planchers perforés et dans les gaines de ventilation. Si l'on décèle la présence d'insectes, il faut pulvériser l'intérieur de la cellule, les gaines de ventilation (ou l'espace sous le plancher perforé) et les abords extérieurs des silos avec un insecticide comme le malathion en suivant méticuleusement le mode d'emploi prescrit sur l'étiquette. Les fissures et les interstices de la cellule demandent une attention particulière lors du traitement. Sur une surface de béton, seules les poudres mouillables sont efficaces contre les insectes.

Le joint de fondation doit être refait périodiquement et tout autre point d'infiltration doit être obturée afin de prévenir l'entrée des insectes dans les cellules.

Enfin, les abords extérieurs des silos doivent être propres : tout amas de grains ou de débris doit être éliminé et toute végétation détruite.

Propreté des grains

Les lots de grains contenant beaucoup de graines de mauvaises herbes, de débris et de grains brisés constituent un milieu favorable au développement des insectes et des moisissures. La ventilation de ces grains est également plus difficile. On recommande donc de nettoyer les grains **avant** la mise en silo.

Le nettoyeur constitué d'un cylindre grillagé fonctionnant par rotation fait un travail satisfaisant (FIGURE 53).

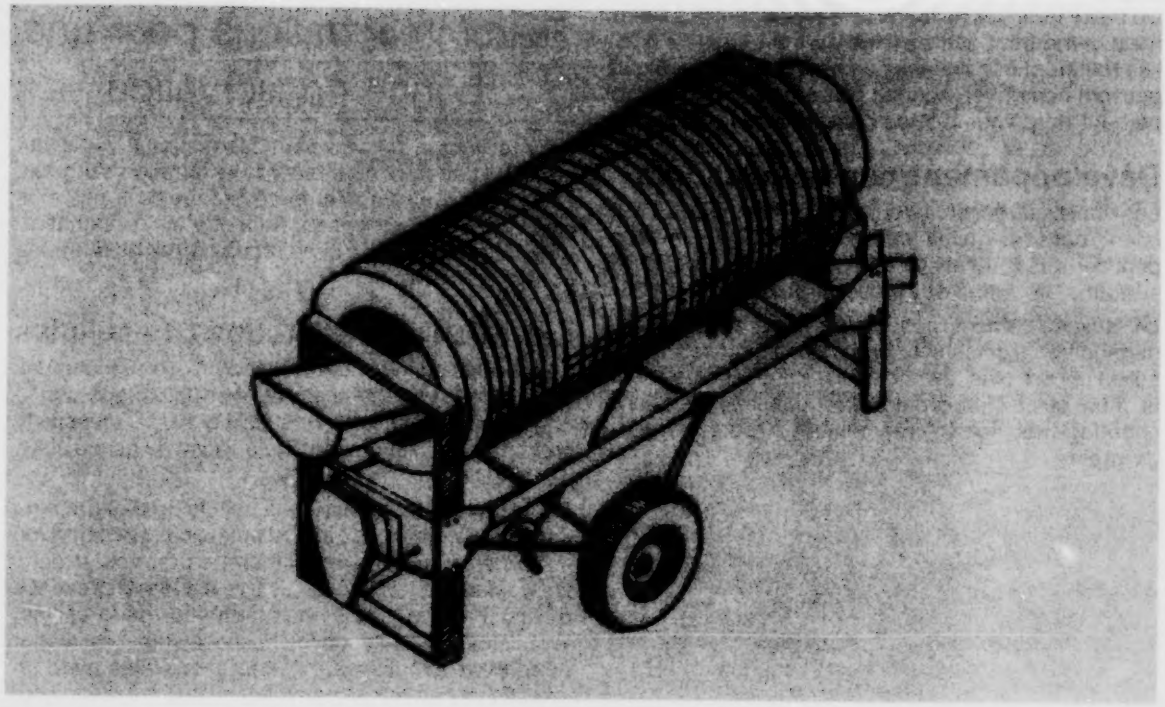


FIGURE 53 — **Nettoyeur à grains**

Remplissage de la cellule

L'utilisation d'un distributeur (épandeur) permet de répartir les particules fines dans toute la cellule et de réduire le tassement excessif qui se produit sous le point de chute du convoyeur lors du remplissage. La ventilation des grains est ainsi plus uniforme (FIGURE 54).

En l'absence de distributeur, la répartition des grains devrait se faire à la pelle à plusieurs reprises au cours du remplissage. On recommande même de vidanger un peu de grain en fin de remplissage afin de retirer une partie des grains les plus sales au centre de la cellule et de réduire l'épaisseur de grain à cet endroit.

Enfin, la hauteur de grain dans la cellule ne doit pas excéder celle des murs afin de favoriser une ventilation uniforme et laisser l'espace nécessaire pour l'inspection des grains.

Teneur en eau

La teneur en eau recommandée dépend de la température qui prévaut durant la période d'entreposage. Ainsi, les grains entreposés pendant les mois les plus chauds doivent être plus secs (FIGURE 52).

Pour des grains sains (ni trop sales, ni trop brisés), les teneurs maximales en eau recommandées sont de 13 à 14 % pour l'avoine, le blé et l'orge. Les grains dont le pourcentage d'humidité excède 15 % doivent être séchés. Ceux dont la teneur en eau dépasse d'au plus 1 % les recommandations peuvent être ventilés continuellement jusqu'à ce que leur température atteigne moins de 4°C. Leur conservation est assurée tant que leur température est maintenue à ce niveau.

Le tableau 43 présente les teneurs en eau à l'équilibre pour quelques espèces de grains à différentes températures et humidités relatives de l'air ambiant. La teneur en eau à l'équilibre est la teneur en eau qu'atteint un grain exposé suffisamment longtemps à de l'air maintenu à une température et une humidité relative constantes. À noter que le grain absorbe l'eau plus lentement qu'il ne la cède à l'air ambiant.

En pratique, il faut faire circuler une quantité considérable d'air dans un silo de grains pour en modifier la teneur en eau de façon importante. C'est pourquoi la ventilation des grains à faible débit d'air pendant des périodes de temps limitées ne suffit pas à sécher ou à réhumidifier un silo de grains ; par contre le séchage à l'air ambiant ou à basse température nécessite des débits d'air élevés (13 à 40 litres par seconde par mètre cube) et une opération prolongée (plusieurs jours à quelques semaines).

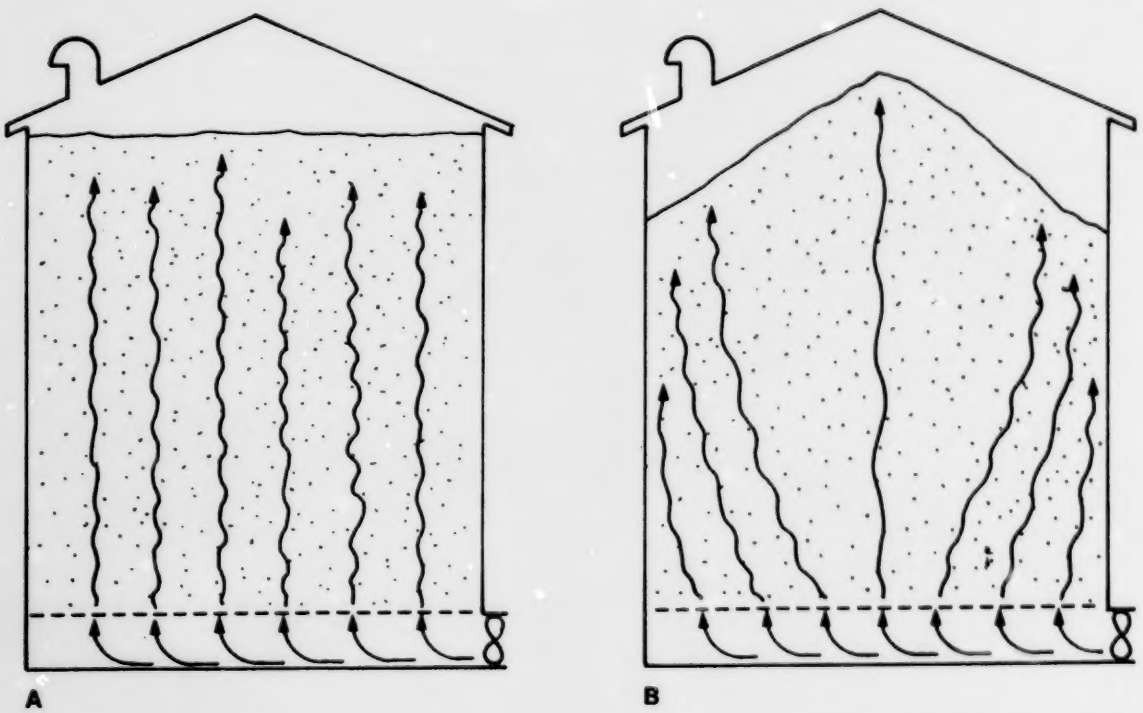
TABLEAU 43 – **Teneur en eau à l'équilibre de quelques espèces de grains, selon les équations de Chung**

Température (°C)	Humidité relative(%)	Maïs	Blé		Orge	Avoine	Soya
			vitreux	farineux			
2	50	13,5	13,2	12,3	11,0	—	9,9
	60	14,8	14,4	13,3	12,2	—	11,7
	65	15,5	15,1	13,9	12,9	—	12,6
	70	16,3	15,9	14,5	13,6	—	13,6
	80	18,2	17,8	15,9	15,3	—	16,1
5	50	13,1	12,9	12,1	10,9	—	9,8
	60	14,4	14,2	13,1	12,1	—	11,5
	65	15,1	14,9	13,6	12,8	—	12,5
	70	15,9	15,7	14,2	13,5	—	13,5
	80	17,8	17,5	15,7	15,2	—	15,9
10	50	12,5	12,6	11,7	10,7	—	9,5
	60	13,8	13,9	12,7	11,9	—	11,2
	65	14,6	14,6	13,3	12,6	—	12,2
	70	15,4	15,3	13,9	13,3	—	13,2
	80	17,3	17,2	15,3	15,0	—	15,7
15	50	11,9	12,2	11,4	10,5	—	9,2
	60	13,3	13,5	12,4	11,7	—	11,0
	65	14,1	14,2	12,9	12,4	—	11,9
	70	14,9	15,0	13,5	13,1	—	13,0
	80	16,8	16,9	15,0	14,9	—	15,5
20	50	11,5	11,9	11,1	10,3	—	9,0
	60	12,8	13,2	12,1	11,5	—	10,7
	65	13,6	13,9	12,6	12,2	—	11,7
	70	14,4	14,7	13,2	12,9	—	12,8
	80	16,4	16,6	14,7	14,7	—	15,2
25	50	11,0	11,6	10,8	10,1	10,3	8,7
	60	12,4	12,9	11,8	11,4	11,4	10,5
	65	13,2	13,6	12,3	12,0	—	11,5
	70	14,0	14,4	13,0	12,8	12,8	12,5
	80	16,0	16,3	14,4	14,5	15,0	15,0

Source : ASAE Data D245.4

Ventilation

La ventilation permet de stabiliser la température des grains en faisant circuler l'air extérieur dans la cellule. La ventilation remplace la vieille pratique de transvidage des grains d'un carré à l'autre. **La ventilation n'est pas une technique de séchage des grains car les débits d'air sont nettement trop faibles.**



Source : La conservation des grains secs, MAPAQ

FIGURE 54 — **Ventilation dans les silos à grains.** Des grains sales et mal répartis (B) ne se ventilent pas de façon uniforme.

Séchage des céréales

Le séchage a pour but d'abaisser la teneur en eau des céréales à un niveau recommandé pour leur conservation.

Les céréales peuvent être séchées selon deux techniques :
— Le séchage à haute température.
— Le séchage à basse température.

Séchage à haute température

Le séchage à haute température s'effectue dans un séchoir autonome ou dans un silo-séchoir. La source d'énergie calorifique généralement utilisée est le propane. Les températures de l'air chaud varient selon le type de séchoir employé et selon l'utilisation que l'on entend faire des grains séchés. Les débits de séchage sont relativement élevés puisque la quantité d'eau à extraire des céréales est beaucoup moins importante que celle du maïs récolté à haute teneur en eau.

La température de l'air de séchage est réglée dans un premier temps selon les recommandations du manufacturier. Il faut cependant bien observer l'état des grains qui sortent du séchoir afin d'éviter la surchauffe. Le cas échéant, il est nécessaire d'abaisser la température de l'air. Le danger de surchauffe s'accroît à mesure que la teneur en eau des grains en cours de séchage s'approche du niveau d'humidité recommandé pour l'entreposage.

Les grains de semence et les grains destinés à l'alimentation humaine peuvent aussi être séchés à haute température si l'on respecte certaines contraintes afin de ne pas affecter leur qualité. L'intensité des dommages impliqués à ces grains par le séchage à haute température résulte à la fois du niveau de température atteint par le grain et de la durée de son exposition à l'air chaud. Le tableau 44 présente les températures maximales que ne doivent pas dépasser les grains en cours de séchage.

TABLEAU 44 — **Températures maximales permises pour les grains séchés à haute température**

Alimentation animale	80°C à 90°C
Alimentation humaine	48°C à 50°C
Semences	40°C à 43°C

Tiré de : Drying Cereal Grains, par Brooker, D.B., Bakker-Arkema, F.W. et Hall, C.W. Hall (1974)

Comme il est impossible de mesurer avec exactitude la température maximale atteinte par les grains dans le séchoir, on recommande de régler la température de l'air chaud en deçà du maximum indiqué au tableau 44. En effet, les grains séchés ne dépassent jamais la température de l'air de séchage. De plus, il est prudent de vérifier annuellement l'exactitude de l'indicateur de température du séchoir, des essais démontrent que certains indicateurs de température sont grandement erronés.

Enfin, certains séchoirs peuvent être opérés à des températures de l'air chaud supérieures à celles indiquées au tableau 43 si leur design prévient l'exposition prolongée des grains à l'air très chaud. Le respect des limites recommandées assure le succès du séchage à haute température pour tous les séchoirs.

Séchage à basse température

Le séchage des céréales à basse température (air ambiant avec ou sans addition de chaleur) est possible si l'on respecte certains paramètres :

— La cellule doit être munie d'un plancher perforé sur toute sa surface.

— Le débit d'air unitaire doit être élevé : 13 litres d'air par seconde par mètre cube de grain (l/s-m^3) pour une teneur en eau de 16 %, 25 l/s-m^3 pour une teneur en eau de 18 % et 40 l/s-m^3 pour une teneur en eau de 20 %. En raison des débits d'air unitaires élevés, le séchage à basse température requiert des ventilateurs beaucoup plus puissants que ceux utilisés pour la ventilation des grains secs (TABLEAU 45). Pour des épaisseurs de grains de trois mètres et plus, l'utilisation de ventilateurs centrifuges à pales recourbées vers l'arrière peut s'avérer intéressante car ce type de ventilateur, bien que plus coûteux, est plus efficace à haute pression statique. Consulter un ingénieur pour choisir le ventilateur approprié et connaître les limites du système de séchage à basse température utilisé.

— L'air doit être poussé vers le dessus de la cellule : ainsi les derniers grains à sécher (ceux du dessus) sont accessibles et faciles à surveiller. En poussant l'air dans cette direction, on profite également de la chaleur dégagée par le moteur électrique et le ventilateur.

— Lorsque les céréales sont récoltées tardivement par températures froides et humides, l'air de séchage doit être réchauffé d'au plus 3 à 5°C lorsque l'humidité relative ambiante dépasse 75 % afin d'assurer le séchage.

— Les grains qui sont séchés à basse température, doivent être nettoyés avant la mise en silo puis répartis également dans la cellule au moment du remplissage ; ceci assure une distribution uniforme de l'air de séchage et favorise la circulation d'air dans la masse.

TABLEAU 45 – **Puissance typique d'un ventilateur de type axial, pour le séchage des céréales à basse température (kW)**

Diamètre de la cellule (m)	Épaisseur de grain (m)	Débit d'air unitaire (l/s-m³)		
		12	25	40
4,6	2	0,38 kW	1,13 kW	2,25 kW
	3	0,75	3,75	3,75
5,2	2	0,75	1,13	3,75
	3	1,13	3,75	5,63
5,8	2	0,75	2,25	3,75
	3	2,25	3,75	7,50
6,4	2	0,75	2,25	3,75
	3	2,25	5,63	7,50

Notes

— 0,38 kW = 0,5 HP
0,75 kW = 1,0 HP
1,13 kW = 1,5 HP
2,25 kW = 3,0 HP
3,75 kW = 5,0 HP
5,63 kW = 7,5 HP
7,50 kW = 10,0 HP

— Ces valeurs sont basées sur des moyennes.
— Pour des puissances de 3,75 kW et plus, un ventilateur de type centrifuge pourrait s'avérer avantageux. Consulter un ingénieur.

L'addition de chaleur peut se faire par des éléments chauffants électriques. La puissance requise des éléments se calcule ainsi :

$$\text{Puissance électrique (kW)} = \frac{\text{Volume grain (m}^3\text{)} \times \text{Débit d'air unitaire (l/s-m}^3\text{)} \times \Delta\,T°}{800}$$

où $\Delta\,°T$ = élévation de température de l'air en °C.

Le chauffage peut être réglé par humidistat. Une protection thermique ou pneumatique doit couper l'alimentation électrique des éléments chauffants en cas d'arrêt accidentel du ventilateur.

Le séchage à basse température est un procédé lent qui se prolonge pendant quelques semaines. Il s'agit en fait d'une course contre le temps : tout le grain mis en cellule doit sécher avant qu'il ne commence à être détérioré par les processus de la respiration et par le développement des moisissures.

Ce procédé demande donc une surveillance constante. L'inspection fréquente des grains permet de suivre la progression du séchage et l'évolution de la température des grains. Il faut porter une attention spéciale lorsque la température et l'humidité relative de l'air ambiant s'élève au-dessus des normales saisonnières pendant quelques jours.

Ventilation des grains secs

Les grains récoltés secs ou séchés à haute ou à basse température doivent être ventilés en cours d'entreposage.

Système de ventilation

Les cellules doivent toutes être munies d'un système de ventilation. Le plancher perforé est recommandé car il permet d'utiliser le silo pour le séchage à l'air ambiant. En l'absence de plancher perforé, on doit utiliser des conduites à plusieurs embranchements (+ , Y, U) afin de favoriser une distribution uniforme de l'air de ventilation dans la masse de grains.

Pour la ventilation, on recommande un débit de 2 litres d'air par seconde par mètre cube de grains secs, donc des ventilateurs de puissance restreinte (TABLEAU 46).

Par contre, le séchage à l'air ambiant nécessite des débits d'air beaucoup plus élevés et des ventilateurs plus puissants (2,25 kilowatts et plus) pour des épaisseurs de grains limitées.

Toute cellule ventilée doit comporter suffisamment de prises d'air pour ne pas restreindre l'écoulement de l'air. On recommande les prises d'air conventionnelles. Les ventilateurs de toits (toupies) ne doivent pas être comptés comme prise d'air.

En ventilation de grain sec, l'air peut être poussé vers le haut de la cellule ou tiré vers le plancher. En poussant l'air, il est plus facile de vérifier si tout le contenu du silo a changé de température lors des périodes de ventilation.

TABLEAU 46 — **Exemples de puissance de ventilateurs permettant de fournir deux litres d'air par seconde par mètre cube selon la dimension des cellules**

Diamètre × hauteur (m)	Puissance du ventilateur (kW)
6,0 × 6,0	0,25
6,0 × 7,5	0,75
7,5 × 6,0	0,375
7,5 × 7,5	1,125

Pourquoi faut-il ventiler les grains secs?

La ventilation des grains secs est essentielle pour plusieurs raisons.

— La ventilation extrait la chaleur et l'humidité dégagées par la respiration des grains.

— Les grains froids se conservent plus facilement : il faut donc profiter des températures froides de l'automne pour refroidir les grains pour les mois les plus froids.

— Dans une cellule non-ventilée, il se crée des écarts importants de température entre les grains situés au pourtour et ceux situés au centre de la masse. Il se produit une migration d'humidité qui se condense sur les grains les plus froids, soit sur le dessus de la masse à l'automne soit au fond de la cellule au printemps. La ventilation uniformise et élimine les écarts importants de température dans la cellule de grains, prévenant ainsi la migration et la condensation d'humidite (FIGURE 55).

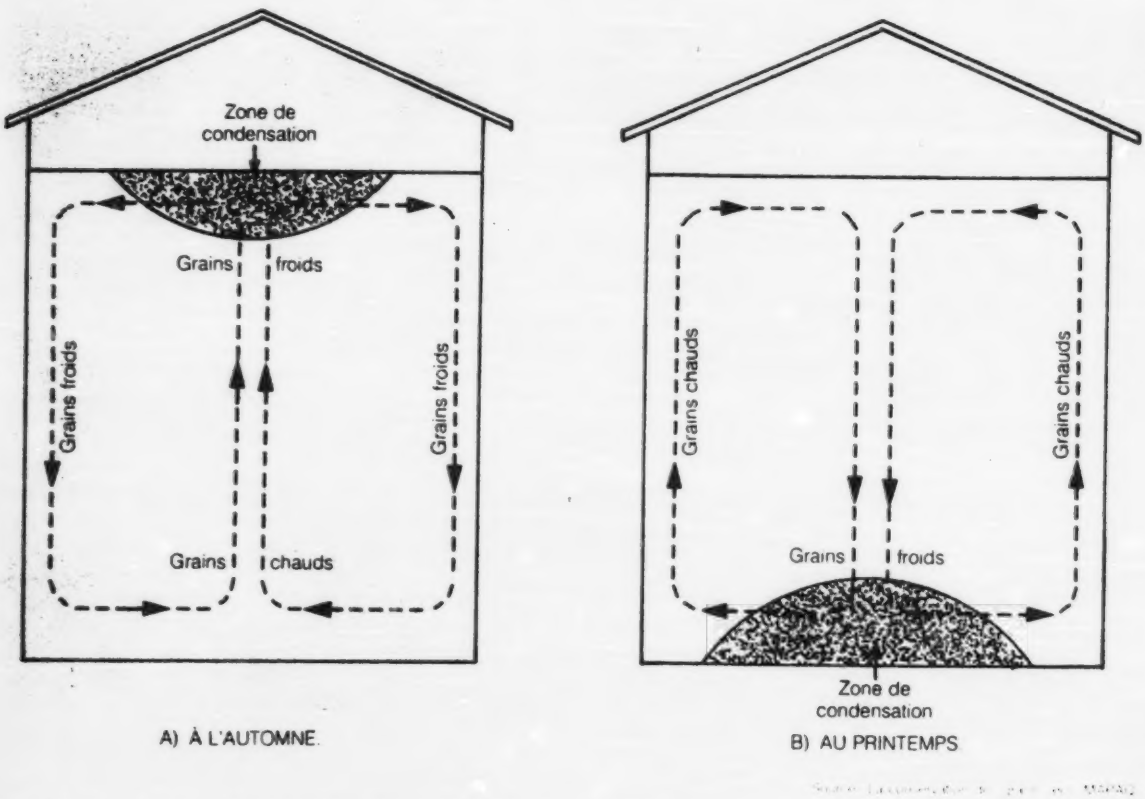


FIGURE 55 **Condensation dans les silos à grains.** Des écarts de température importants dans une cellule non-ventilée se traduisent par de la condensation d'humidité sur les grains les plus froids.

Comment ventiler les grains secs

Lors de la ventilation, les grains au fond, au milieu et au-dessus de la cellule ne changent pas de température simultanément. La couche de grains par où l'air de ventilation pénètre dans la cellule (celle du fond si l'air est poussé dans la masse, celle du dessus si l'air est aspiré vers le plancher) est la première à prendre la température de l'air extérieur. La ventilation se poursuit jusqu'à ce que toute l'épaisseur de grains dans la cellule atteigne la température de l'air extérieur (FIGURE 56). Un cycle de ventilation est alors complété.

Une ventilation incomplète ou un cycle interrompu entraînent des problèmes de conservation à l'interface grains froids/grains chauds : il se produit alors de la condensation à ce niveau.

Pour un débit de deux litres d'air par seconde par mètre cube, il faut environ quatre jours pour effectuer un cycle complet de ventilation. Un débit d'air supérieur réduit le temps requis en proportion inverse. Par exemple, il faut deux jours de ventilation pour un débit de quatre litres d'air par seconde par mètre cube.

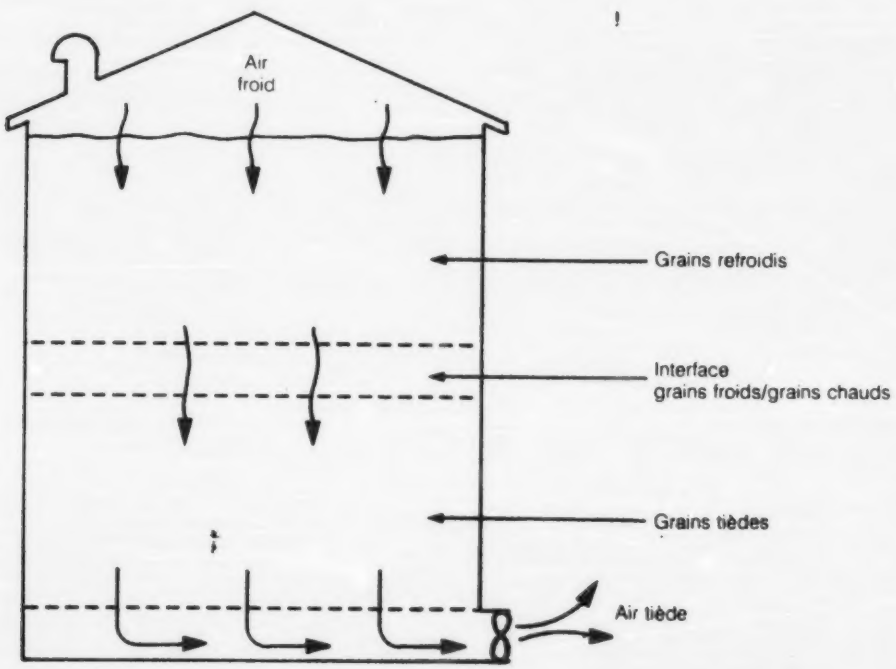


FIGURE 56 **Cycle de ventilation.** Un cycle de ventilation est complet lorsque tous les grains contenus dans la cellule ont atteint la température de l'air de ventilation.

Quand ventiler les grains entreposés

À la mise en cellule : Les grains récoltés ou séchés sont ventilés pendant une période équivalente à un cycle complet de ventilation. L'inspection régulière des grains détermine s'il y a lieu de les ventiler par la suite.

À l'automne : La ventilation à l'automne sert à refroidir et à uniformiser la température de toute la masse de grain. Il faut ventiler par cycles complets lorsque la température moyenne (jour/nuit) de l'air est inférieure de 5 à 8°C à la température moyenne de la cellule. En deux ou trois cycles, la température de la cellule est abaissée jusqu'à 1 à 4°C pour la période froide de l'année (FIGURE 57).

En hiver : La ventilation hivernale sert à maintenir les grains froids. Si l'inspection démontre que la température de la cellule tend à remonter régulièrement ou si l'on décèle la présence de points chauds, il faut ventiler pour prévenir le « chauffage » des grains.

Au printemps : La ventilation de printemps ne s'applique qu'aux grains entreposés passé juin ; elle a pour but d'uniformiser la température de la cellule en réchauffant le coeur de la masse. Elle s'effectue par cycles complets lorsque la température moyenne de l'air (jour/nuit) est supérieure d'au plus 5°C à celle des grains. L'humidité relative de l'air doit être inférieure à 75 % afin de réduire les problèmes de condensation sur les grains froids. La température de la cellule est amenée à environ 15°C en deux ou trois cycles de ventilation.

À l'été : Les grains ne sont pas ventilés, sauf si l'inspection révèle une élévation soutenue de la température de la masse ou le développement de points chauds

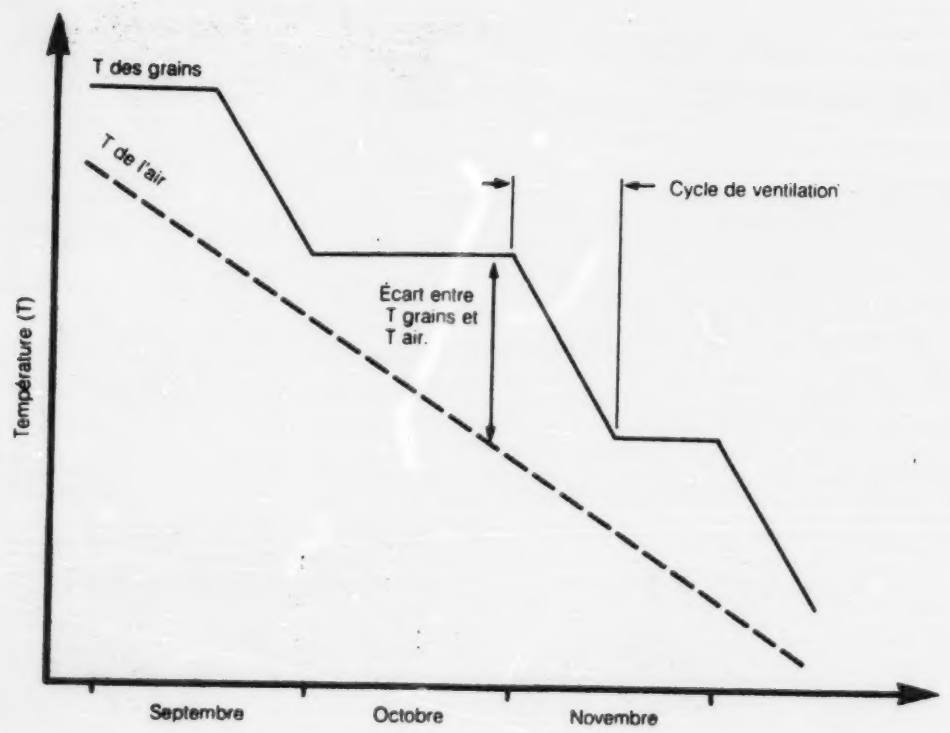


FIGURE 57 — **Début d'un cycle de ventilation.** On débute un cycle de ventilation d'automne dès que l'écart entre les températures moyennes des grains et de l'air extérieur est de 5 à 8°C.

Inspection des grains entreposés

L'inspection des grains permet de déceler la présence de problèmes de conservation. L'inspection est fréquente dans les premières semaines qui suivent la récolte, surtout si les grains n'ont pas été séchés. L'inspection se fait hebdomadairement tant que la température des grains dépasse 5°C. Lorsque les grains sont refroidis à moins de 5°C, une inspection aux deux semaines suffit si les températures dans la cellule sont stables et uniformes.

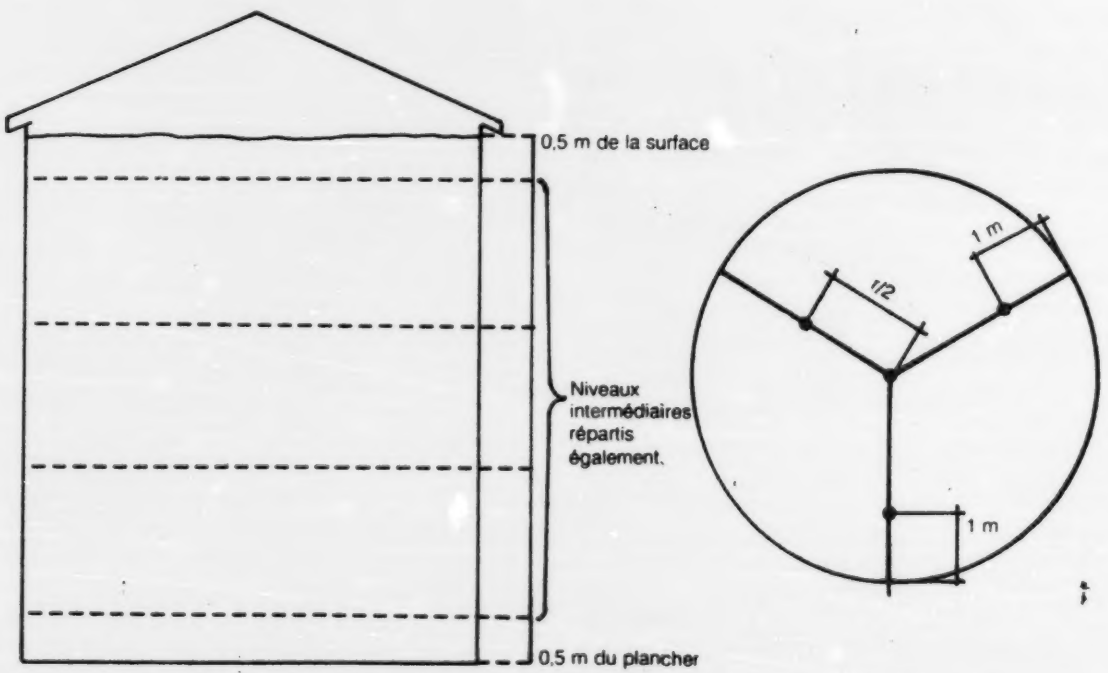
À chaque inspection, on doit :

— Mesurer la température des grains en plusieurs points (les mêmes points d'une inspection à l'autre) et noter ces données dans un registre. Ainsi, on peut établir la température moyenne de la cellule, constater si l'ensemble des températures est stable ou a tendance à s'élever, et remarquer s'il y a des écarts importants de température dans la masse (FIGURE 58). Pour une précision moindre, on peut insérer une longue tige de métal dans la masse de grains, attendre quelques minutes, la sortir et évaluer la température au toucher.

— Observer toute formation de croûte qui indique la migration d'humidité ou l'infiltration de pluie. Enlever toute croûte et inspecter minutieusement les grains sous-jacents.

— Prélever des échantillons, les sentir pour déceler toute odeur de moisissure, puis les apporter à la température de la maison et observer la présence et le mouvement d'insectes.

— Si le ventilateur fonctionne en aspiration, le mettre en marche pendant 30 minutes afin d'évaluer l'odeur et la température de l'air expulsé. L'odeur de moisissure est facile à détecter.



A) Mesurer les températures à 3 ou 4 niveaux différents si possible.

B) Diviser la surface en 3 pointes égales et y prendre 4 points de lecture.

Source : La conservation des grains par [illegible]

FIGURE 58 **Exemple d'une bonne répartition des points de lecture de température dans une cellule de grains**

Sécurité

Danger à la vidange

À la vidange, les grains du dessus qui s'écoulent en premier, entraînent et submergent en quelques secondes tout individu qui se tient dans la cellule (FIGURE 59).

Formation de ponts ou voûtes

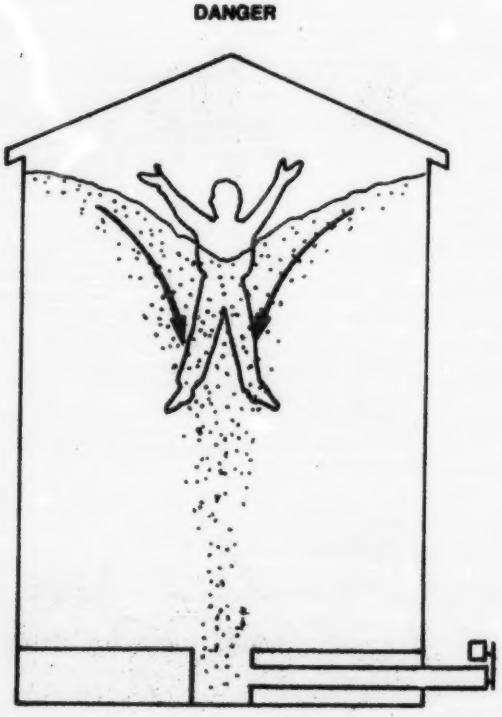
Les grains peuvent croûter et, lors de la vidange, former des ponts (ou voûtes) qui dissimulent des cavités importantes dans la masse de grains détériorés. Ces ponts doivent être brisés à l'aide de barres ; **ce travail doit être fait en se tenant à l'extérieur de la cellule** (FIGURE 60). Le risque de formation de ponts ou de voûtes est plus élevé si les grains ont chauffé au cours de la période d'entreposage.

Éléments mécaniques

Tous les grillages et couvercles protecteurs doivent être en place sur les convoyeurs, ventilateurs et transmissions. Ils doivent périodiquement être vérifiés et entretenus.

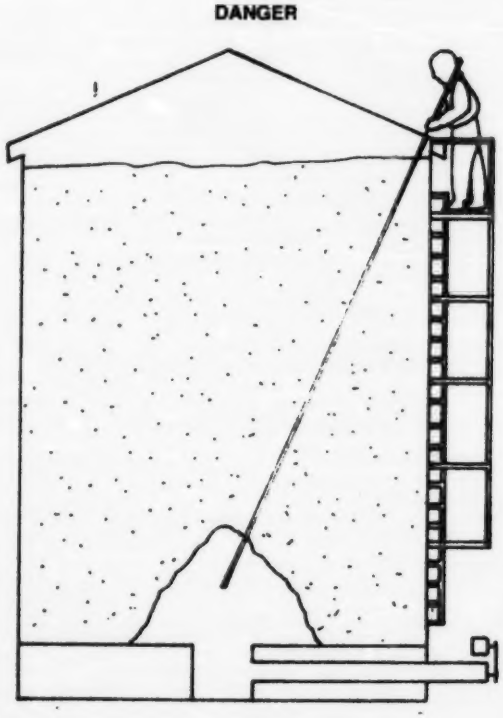
Échelles

Une échelle doit être fixée à la paroi de tout silo de plus de trois mètres. À partir de six mètres du sol, elle doit être entourée d'une crinoline. L'échelle débute à deux mètres du sol pour en empêcher l'accès aux enfants.



Source : La conservation des grains secs, MAPAQ

FIGURE 59 – **Danger lors de la vidange des silos à grains.** À la vidange, les grains du dessus s'écoulent en premier et entraînent toute personne se tenant dans la cellule. Même les enfants doivent être avertis du danger.



Source : La conservation des grains en... MAPAQ

FIGURE 60 – **Destruction des ponts formés par des grains chauffés.** Des grains croûtés peuvent dissimuler des cavités importantes qui, lors de leur effondrement, engloutissent tout individu qui se tient dans la cellule

RÉCOLTE ET CONSERVATION DES GRAINS HUMIDES

Récolte

Entreposage, conservation et traitement de l'orge humide

Traitement du grain humide pour l'alimentation

Quelques considérations techniques

Jean-Paul Jacob, Yves Dion, Serge Fortin, Jean-Marie Wauthy

L'utilisation des grains à haute teneur en humidité présente de plus en plus d'intérêt pour les producteurs qui font consommer à la ferme des quantités importantes de grains et pour ceux qui adoptent le système de ration totale mélangée. Parmi les céréales de printemps, l'orge est particulièrement bien adaptée à ce système quoique d'autres céréales, en mélange, comme l'association blé-pois, présentent un intérêt dans certaines régions du Québec. La récolte et l'entreposage humide sont également utilisés pour le maïs-grain ou le maïs-épi. Ce texte traite principalement de l'orge humide.

Récolte

La récolte du grain humide permet d'obtenir le plein rendement de matière sèche. Le rendement maximal en grain sur une base de matière sèche, (la maturité physiologique) est atteint avant le moment de récolte idéal pour la conservation du grain sec. Ce stade de maturité intervient à la fin de la phase d'accumulation de matière sèche dans le grain et il est suivi de la phase de dessiccation. La teneur en eau du grain à la maturité physiologique, se situe entre 30 et 40 % et ce stade est atteint de 8 à 12 jours avant la maturité complète, (grain dur, teneur en eau de 13 à 14 %) selon les conditions de l'environnement, l'espèce et le cultivar utilisé.

La récolte du grain que l'on désire entreposer sous forme humide peut débuter lorsque la teneur en eau atteint 35 % ; elle doit être complétée avant que le seuil minimal de 25 % ne soit atteint. À plus de 40 % de teneur en eau ou à moins de 25 %, la conservation de l'orge humide par fermentation est incertaine.

La récolte plus hâtive des grains humides présente certains avantages surtout au niveau du calendrier de travail.

Avantages

La possibilité d'étaler la période de récolte : le producteur agricole qui dispose de grandes superficies ensemencées peut débuter plus hâtivement la récolte, dès que le stade de la maturité physiologique est atteint, et poursuivre ensuite avec une récolte de grains secs lorsque le seuil d'humidité minimal ne permet plus la conservation de grains humides. Toutefois, le producteur qui n'envisage que la récolte et la conservation du grain humide, doit étaler sa période de semis et ensemencer des cultivars à maturités différentes étant donné la contrainte d'un seuil minimal d'humidité à respecter.

Une réduction de la verse et des dommages : la récolte est effectuée au cours d'une période où les conditions climatiques sont plus favorables. C'est particulièrement le cas dans les régions périphériques et les zones marginales de la culture céréalière ; les fins de saisons froides et pluvieuses retardent alors souvent la récolte ou compromettent le séchage sur pied du grain lorsque l'on l'entrepose sec.

Un meilleur établissement des plantes fourragères si la céréale est utilisée comme plante-abri : la récolte plus hâtive permet une période de croissance plus longue pour les plantes fourragères. Ici encore, cet avantage est plus évident dans les régions périphériques.

Un rendement supérieur, surtout avec les cultivars sujets à l'égrenage : des essais, menés pendant six ans, montrent une augmentation de rendement en matière sèche de 2 à 36 % soit une moyenne de 17 % sur les six années ; d'autres essais mentionnent encore des rendements supérieurs de 7 à 17 % et de près de 20 %. Ces augmentations de rendement s'expliquent par des pertes au sol moins élevés : ces pertes sont dues à l'égrenage, au cassage des tiges ou des épis. Le rendement supérieur observé chez l'orge humide est également attribuable à une augmentation de la quantité de petits grains récoltés, environ 30 %, qui, à maturité complète, sont trop légers et sont rejetés par la batteuse.

L'allongement des journées de travail : la rosée ne constitue pas un inconvénient majeur, pas plus que les faibles pluies.

La réduction des contraintes d'uniformité de la maturation : à cause de l'étalement du niveau d'humidité acceptable (teneur en eau du grain au champ de 25 à 35 %), les zones à maturité retardée ne causent pas un problème aussi aigu que dans le cas de la récolte de grains secs. De même, les différences de maturité entre les grains des tiges primaires et secondaires, phénomène communément appelé « suite » dans les céréales, ne causent pas d'inconvénients si ce n'est que les grains verts très humides ne se conservent pas aussi bien et prennent une coloration foncée lorsque fermentés. Dans le cas de l'orge récoltée pour une conservation sèche, ces phénomènes augmentent les coûts de séchage ou obligent à retarder l'ensemble de la récolte, contribuant éventuellement à une augmentation des pertes de grains.

La lutte contre la folle avoine (*Avena fatua*) : la récolte de l'orge humide permet de récolter le grain de la folle avoine avant qu'il ne tombe au sol, contribuant à diminuer la reproduction de cette espèce nuisible.

Une récolte facilitée dans le cas des orges à pailles courtes : le port érigé des plants d'orge lors de la récolte des grains humides permet de relever la barre de coupe d'un peu plus de 120 millimètres par rapport à l'orge récoltée à maturité tout en prélevant autant d'épis.

Une élimination des coûts de séchage du grain ou du besoin d'andainer

Une absence de poussière

Inconvénients

Une vitesse de battage réduite : le battage de l'orge humide ne présente pas de problèmes majeurs. Cependant, la séparation du grain est ralentie, à cause du volume plus important de paille humide et plus lourde.

Des grains humides plus lourds : on manipule environ 20 % plus de poids.

Une manutention plus difficile : l'orge humide ne s'écoule pas de façon aussi fluide que l'orge sèche dans les convoyeurs, les vis à grains et la machinerie en général. L'orge humide est très sujette à la formation de « ponts » ou voûtes.

Une conservation plus délicate : le grain humide se dégrade s'il n'est pas rapidement entreposé dans des conditions adéquates qui préviennent son exposition à l'oxygène.

Un marché plus restreint : l'orge humide est réservée à un usage local. Les conditions nécessaires à sa conservation limitent sa commercialisation.

Entreposage, conservation et traitement de l'orge humide

À cause de son humidité, l'orge humide pose des problèmes de conservation différents de ceux de l'orge sèche. Ce sont d'ailleurs la conservation et l'entreposage qui établissent l'intérêt de ce type de récolte à savoir les coûts de séchage et d'entreposage de l'orge sèche versus les coûts d'entreposage de l'orge humide. L'importance de la production et de la consommation de grains à la ferme influe directement sur la rentabiité : un volume important de grains permet de faire une économie d'échelle sur les coûts d'entreposage et cette économie d'échelle est plus forte pour le grain humide que pour le grain sec.

Le grain humide peut être conservé sous deux formes, soit sous forme d'ensilage, soit avec des préservatifs.

Sous forme d'ensilage

L'ensilage a pour but de conserver le grain humide en le soumettant à une fermentation adéquate. À cet effet, il doit être entreposé à une teneur en eau de 25 à 35 %. Si le grain a une teneur en eau de moins de 25 %, il faut accroître sa teneur en eau en ajoutant 25 à 30 litres d'eau par tonne pour chaque augmentation de 2 %.

On doit empêcher le contact du grain humide avec l'air ou l'oxygène. De cette façon, on prévient l'oxydation et le développement de micro-organismes néfastes qui altèrent les grains. Dans l'ensilage, le grain est entouré d'une atmosphère principalement composée de CO_2. Quelle que soit la méthode d'entreposage, la propreté des grains favorise la bonne conservation.

Diverses méthodes et techniques d'ensilage sont ou ont été expérimentées ici et à l'étranger. L'ensilage en silo-tour s'est avéré le plus avantageux. **La plupart des autres techniques présentent de sérieuses lacunes notamment lorsqu'il s'agit de la reprise du grain**. Nous présentons brièvement quelques systèmes qui ont été mis à l'essai. Les différents problèmes associés à ces méthodes d'entreposage humide tels le gel de la masse de grain, l'absence ou le manque de mécanisation adéquate pour la reprise du grain et des problèmes de conservation ne **permettent pas de recommander ces techniques à l'ensemble des producteurs**. Toutefois, dans certains cas particuliers, considérant les lacunes et les risques de ces méthodes d'entreposage humide, certains peuvent trouver avantage à les utiliser parce que les investissements sont moindres. **Les producteurs agricoles qui désirent utiliser ces méthodes devraient s'enquérir auprès de leurs conseillers agricoles**

En silo-tour

Les silos à atmosphère stabilisé (en béton ou en acier vitrifié) permettent une conservation optimale. Le grain humide peut y être entreposé entier, sans aucun traitement préalable. Le grain est ainsi plus facile à manutentionner. Dans ce type de silo, les pertes de grains sont faibles, soit jusqu'à 6 %. De plus, il n'y a pas la contrainte du prélèvement minimum quotidien. Ceci est un avantage important pour les troupeaux restreints. Le silo à atmosphère stabilisé permet d'obtenir un excellent maintien de l'atmosphère en stockage ce qui favorise une bonne fermentation et réduit l'oxydation des grains. Pour assurer une vidange régulière par le fond, ce type de silo doit être équipé d'une désileuse à balai rotatif entraîné par une source motrice.

Les silos conventionnels occasionnent des pertes de grains plus importantes, soit jusqu'à 12 %. Les recherches démontrent que l'on obtient de meilleurs résultats lorsque le grain est roulé avant la mise en silo. Pour réduire les pertes en silo conventionnel, on doit prélever un minimum de 50 millimètres d'orge humide par jour en hiver et de 75 à 100 millimètres d'orge par jour en été. Ceci constitue souvent une contrainte en raison des besoins quotidiens du troupeau et des dimensions des silos disponibles. La vidange en silo conventionnel se fait par le débouleur à fourrages.

Avec membrane d'étanchéité

Il est possible de transformer un silo conventionnel en silo à atmosphère stabilisé en y ajustant une membrane d'étanchéité. Ces sacs de vinyle ou de polyéthylène sont disponibles en dimensions variées et s'adaptent à l'intérieur du silo.

Certaines membranes d'étanchéité peuvent même être adaptées aux silos à grains. Les écrous doivent alors être inversés pour ne pas perforer la membrane.

Cependant, pour conserver l'étanchéité du silo, la vidange doit se faire par le fond. Le problème vient du fait que l'on ne peut pas compter sur la vidange par gravité et que, à ce jour, aucun mécanisme de vidange n'a été éprouvé dans l'orge humide pour ce type d'installation.

En silo horizontal

Le grain humide peut être broyé et entreposé dans un silo horizontal. Après remplissage, le grain est recouvert d'une membrane de plastique sur laquelle on dépose un lit de matériel végétal haché (par exemple : de l'ensilage d'herbe de mauvaise qualité), du bran de scie, ou encore des pneus usagés afin d'assurer une meilleure étanchéité. Le matériel roulé se conserve mieux, comme dans le cas des silos verticaux conventionnels. On doit reprendre environ 150 millimètres par jour en silo horizontal et de préférence avec une désileuse mécanique qui laisse une paroi verticale nette et lisse, ce qui réduit l'exposition à l'oxygène.

En sacs de polyéthylène

Certains sacs de polyéthylène sont disponibles sur le marché. Leur contenance est d'environ 500 à 1 000 kilogrammes de grains. On observe aux Etats-Unis et en Angleterre que ces sacs, sous l'action de la lumière et du soleil, se déforment et que l'écart de température entre les parois et le centre de la masse de grain est important, causant de la condensation et des pertes de grains. Ces sacs ne devraient être utilisés que comme recouvrement intérieur pour d'autres types de contenants.

Des sacs de grande capacité, pouvant contenir 20, 40 ou 60 tonnes peuvent être utilisés. Ces contenants possèdent une structure renforcée et une ouverture pour la reprise du grain. Les résultats sont satisfaisants. Cependant, à la vidange, une quantité importante de grains ne peut être reprise mécaniquement : le sac doit alors être ouvert et les grains restants se trouvent exposés à l'air.

En sacs semi-vrac

Quelques essais ont été effectués avec des sacs semi-vrac (type engrais chimique) : ils sont constitués d'un extérieur en polypropylène tissé et d'une doublure remplaçable en polyéthylène. Quatre sangles permettent de manutentioner les sacs avec le chargeur d'un tracteur ou avec un treuil monté sur une charpente. À l'entreposage, on doit éviter le contact direct des sacs avec le sol ou le plancher bétonné. De plus, les sacs doivent être entreposés à l'abri de la lumière directe du soleil. Une ouverture refermable à la base du sac permet la reprise du grain. Le gel de la masse de grain rend parfois difficile la vidange des sacs.

Notes

Il est normal que la température de l'ensilage augmente rapidement après l'entreposage, soit aux environs de 38°C après 24 heures, puis se stabilise pour une période de deux semaines et redescende graduellement près des températures ambiantes.

Il faut compter un minimum de trois semaines de fermentation de l'orge humide avant de la servir aux animaux. De plus, il faut prévoir un changement graduel sur une période de 1 à 2 semaines pour passer d'une alimentation au grain sec ou au maïs-grain humide à une alimentation à l'orge humide afin de permettre un ajustement des micro-organismes du rumen.

Avec utilisation de préservatif

Différents acides organiques peuvent être utilisés comme préservatifs. L'acide propionique est le plus efficace pour empêcher le développement des champignons et des moisissures. Le grain d'orge humide

traité à l'acide propionique ne nécessite ensuite qu'un entreposage à l'air libre, dans un endroit sec.

L'acide propionique est ajouté au grain humide entier. On peut pulvériser l'acide lors de la vidange des wagons à grains, au niveau du convoyeur de transbordement en utilisant un applicateur approprié.

Appliquer les quantités indiquées au tableau 47. Ces données sont pour une tonne métrique (1 000 kilogrammes). Il n'est pas pratique de récolter du grain ayant une teneur en eau de plus de 32 %.

Il est très important de connaître la teneur réelle en eau du grain afin d'appliquer la quantité exacte de préservatif. Autrement le grain peut chauffer.

TABLEAU 47 - **Quantité d'acide propionique (99,5 %) à ajouter à une tonne d'orge humide suivant sa teneur en eau**

Teneur en eau de l'orge humide (%)	Quantité d'acide propionique (kg)
18	6,5
20	7,5
22	8,5
24	9,5
26	10,5
28	11,5
30	13,0
32	14,5

Le grain humide doit être propre (criblé si nécessaire) et traité rapidement après la récolte. Pour une bonne conservation, le grain doit être bien enrobé avec le préservatif. Il est donc important de ne pas souffler le grain dans l'entrepôt ni de le ventiler dans les premières heures après le traitement afin d'éviter l'évaporation du produit. Il faut s'assurer que la masse de grain traité à l'acide propionique ne subit pas d'écarts trop importants de température, ce qui pourrait amener un dépôt d'humidité par condensation. À cette fin, les grains traités sont entreposés dans un bâtiment ou une cellule.

L'entreposage des grains traités demande des soins particuliers. L'acide a un effet fortement corrosif. Aussi, l'on doit disposer un film de polyéthylène propre sur les planchers et parois de l'entrepôt, que celui-ci soit construit de bois, de métal ou de béton. De plus, ce film prévient la contamination des grains par les micro-organismes logés dans le bois ou le béton. Il est très difficile de réaliser un fini protecteur (peinture, etc.) adéquat pour les surfaces métalliques. D'autre part, l'utilisation d'un film de polyéthylène sur ces surfaces provoque la condensation d'humidité et l'oxydation du métal. L'installation d'un film de polyéthylène sur les planchers de béton prévient la migration d'humidité du sol sous-jacent. Enfin, les grains traités doivent être protégés en surface des dépôts de saletés, des infiltrations d'eau et des souillures par les oiseaux. Si ces dangers existent, les grains doivent être recouverts d'un autre film de polyéthylène.

Note

Le grain traité à l'acide proprionique ne doit servir qu'à l'alimentation animale. Il a perdu son pouvoir germinatif.

Sécurité

— Lors de la manutention et du traitement des grains, porter des vêtements protecteurs : masque respiratoire, lunettes, gants.
— Toujours suivre les recommandations fournies sur l'étiquette par le manufacturier.
— Dans les quelques jours qui suivent le traitement, porter un masque respiratoire pour inspecter ou manipuler le grain traité.

Traitement du grain humide pour l'alimentation

Le roulage ou l'écrasement de l'orge avant l'utilisation dans l'alimentation animale s'avère généralement bénéfique.

Le degré optimum de broyage à atteindre est celui qui permet de briser tous les grains. Un broyage trop fin est toutefois à éviter car, même s'il permet une meilleure utilisation de l'espace d'entreposage et s'il facilite l'exclusion de l'air, il peut entraîner des pertes plus élevées par l'adhérence des particules fines à l'équipement et par une baisse de succulence du produit.

Le broyage avant entreposage exige des débits élevés afin de ne pas retarder la récolte. L'équipement alors utilisé est habituellement un souffleur-broyeur ou un souffleur à fourrage avec grille de recoupe. Les meilleures conditions sont atteintes lorsque les grains d'orge sont broyés à cinq millimètres. Il s'agit donc d'un broyage moyen.

Dans le cas d'un silo conventionnel, le broyage se fait de préférence avant la mise en silo. Le silo à atmosphère stabilisé ne nécessite pas de broyage des grains lors du remplissage. Si le broyage est effectué à la reprise du grain, les débits sont plus faibles et le broyage peut être effectué avec un équipement de puissance réduite et moins coûteux. On broie aussi le grain avant l'alimentation dans le cas de grain traité avec un préservatif. La moulage à rouleaux (ou rouleuse à grains) convient alors parfaitement.

Quelques considérations techniques

Le diamètre du silo conventionnel doit être calculé en fonction d'une utilisation équivalente à une épaisseur de 50 millimètres par jour en hiver et 75 à 100 millimètres en été, ceci afin de limiter les pertes.

Le tableau 48 donne le nombre de bovins laitiers nécessaires pour assurer une reprise de 75 millimètres par jour pour trois diamètres différents.

TABLEAU 48 — **Nombre de bovins laitiers à permettant un prélèvement quotidien moyen de 75 millimètres d'orge humide, en fonction du diamètre du silo et de la quantité servie quotidiennement[1]**

Ration quotidienne par animal		Nombre d'animaux		
		Diamètres du silo (m)		
Matière sèche (kg)	Matière à 27 % d'humidité (kg)	3,65	4,26	4,87
3,65	5,0	98	130	171
5,48	7,5	64	88	114
7,4	10,0	49	65	86
9,13	12,5	38	53	69

1 — Pour chaque 1 % additionnel d'humidité du grain, le nombre d'animaux diminue d'environ 1,6 %.

Enfin, il faut se rappeler que, si en théorie, l'orge humide, propre et à la teneur en eau idéale s'écoule par gravité, en pratique dans un silo, la teneur en eau n'est pas uniforme, les grains sont plus ou moins brisés ou sales et le gel peut faire adhérer le matériel aux parois. C'est pourquoi **tout silo se vidant par le fond doit être équipé d'une désileuse à balai rotatif entraîné mécaniquement. Cette désileuse assure une vidange régulière** en brisant tout pont (ou voûte) qui se forme.

Le tableau 49 présente la densité de l'orge humide entière ou roulée ainsi que l'équivalent en matière sèche.

TABLEAU 49 — **Densité[1] de l'orge humide entière ou roulée et l'équivalent en matière sèche**

Teneur en eau	Densité (kg m⁻³)			
	Orge entière		Orge roulée	
(%)	Humide	Matière sèche	Humide	Matière sèche
5-10	669,6	613,6	608,8	565,5
10-15	680,9	589,5	620,0	538,3
15-20	695,3	567,1	637,6	520,7
20-25	706,5	543,1	660,0	506,2
25-30	717,7	515,8	674,4	483,8
30-35	749,7	498,2	736,9	490,2
35-40	783,4	491,8	777,0	487,0

Adapté de Krall, J.L. 1972. Montana Agricultural Station, Montana State University, Bozeman Bulletin 625, 44p.

1 — Mesure obtenue après compression de la masse à 78 kPa.

CULTURE INTENSIVE

Raccourcisseurs de paille

Denis Bastien et André Comeau

Raccourcisseurs de paille

Perspectives sur la culture intensive

Le rendement des céréales est limité par plusieurs facteurs ; cependant, lorsque le sol est fertile et bien pourvu en eau, la verse est le facteur limitant principal. La verse réduit le rendement et la qualité, augmente le coût de la récolte et compromet la conservation du grain. En Europe, l'avènement des raccourcisseurs de paille et le développement de techniques de culture complexes ont permis de diminuer les pertes occasionnées par la verse. Ces techniques impliquent l'utilisation, en outre des régulateurs, de fortes doses d'azote, une dose de semis plus élevée, des rangs plus étroits. Elles impliquent également l'utilisation de fongicides pour réprimer les maladies qui se développent plus intensément dans les populations denses de céréales. Les Européens utilisent des doses fractionnées d'azote et, pour limiter les dégâts dûs aux passages répétés de la machine agricole, gardent des voies de passage permanentes pour guider le tracteur. Les cultivars qui répondent aux techniques de culture intensive ne sont pas nécessairement les mieux adaptés à la culture conventionnelle.

En Amérique, le printemps est beaucoup plus court ; l'utilisation de ces méthodes n'est pas sans problèmes. Cependant, les recherches en cours permettent d'entrevoir la possibilité pour les producteurs céréaliers les plus avertis, de tirer profit de ces nouvelles méthodes. Cependant, ces méthodes sont compliquées et dispendieuses, leur rentabilité ne peut être atteinte que sur des sols à haut potentiel de rendement.

Produits utilisés contre la verse

Deux types de produits sont utilisés comme raccourcisseurs de paille pour lutter contre la verse :

— Les produits à base de C.C.C. ou de chlorure de chlorocholine (C.C.C. seul ou additionné de chlorure de choline) sont homologués au Canada depuis 1981 sous le nom de Cycocel pour utilisation sur certains cultivars de blé d'automne de type vitreux roux. Ces produits inhibent la synthèse des gibbérellines.

— Les produits à base d'éthéphon (éthéphon seul ou additionné de chlorure de mépiquat) comprennent le Cérone qui a été homologué en 1985 pour utilisation sur le blé d'automne et l'orge de printemps (sauf le cultivar Birka). Ces produits favorisent la libération d'éthylène qui bloque l'efficacité des auxines responsables de l'élongation des entrenoeuds.

L'efficacité des ces produits varie d'une espèce à l'autre. Ainsi, les produits à base de C.C.C. sont essentiellement des raccourcisseurs de paille de blé,tandis que ceux à base d'éthéphon sont adaptés à l'orge de printemps et aux blés d'automne. Le C.C.C. est assez efficace sur le blé de printemps lorsqu'il est appliqué vers le stade 31 de l'échelle de Zadoks, mais il n'est pas encore homologué à cette fin au Canada.

Stades d'application

L'application des raccourcisseurs de paille doit se faire à un stade très précis du développement de la plante. Celui-ci varie avec l'espèce. Les recommandations doivent être respectées à la lettre afin d'obtenir le maximum d'efficacité du produit.

L'éthéphon doit être appliqué entre la sortie de la feuille-étendard et le stade gonglement ; si ce produit est appliqué avant l'apparition de la dernière feuille, il peut empêcher l'émergence des épis, particulièrement lorsque les conditions sont sèches. En fait, en période de stress, de maladie, de chaleur ou d'excès d'eau,l'usage de l'éthéphon est déconseillé. La période d'efficacité de l'éthéphon va du stade 37 au stade 45 de l'échelle de Zadoks (Voir l'échelle de croissance illustrée à la section « Développement et physiologie ».) La dose d'application des produits doit être respectée rigoureusement et il faut éviter de mélanger l'éthéphon à d'autres substances chimiques, en particulier aux herbicides.

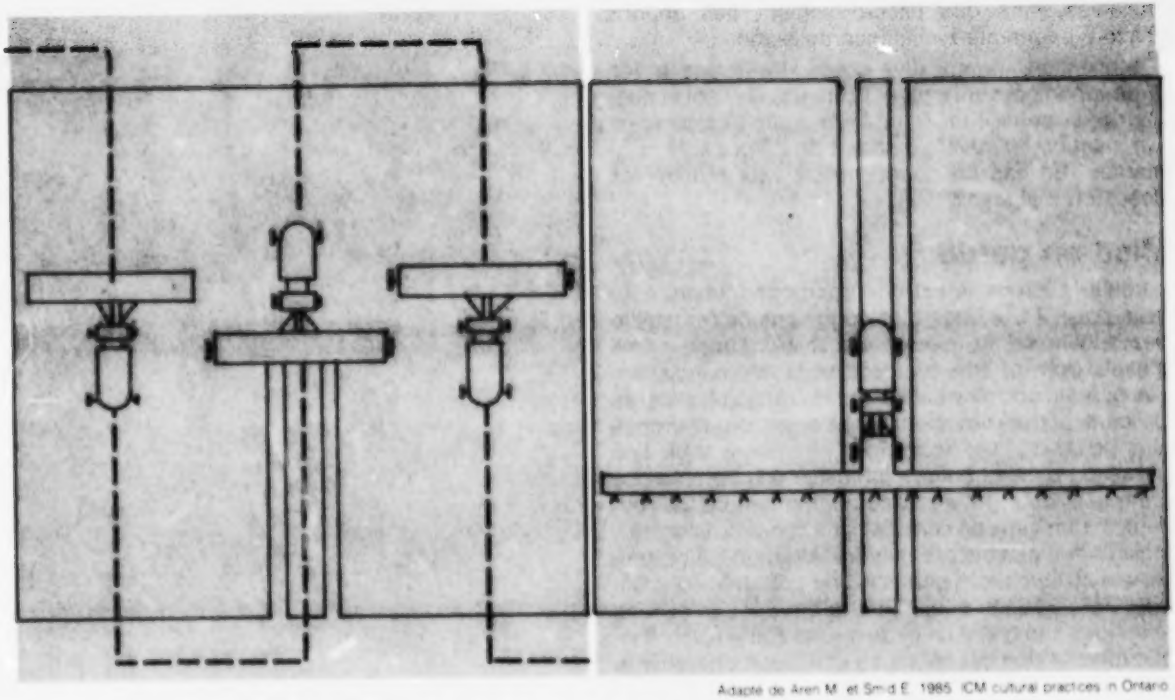
Dans les systèmes de culture intensive européens, pour permettre les pulvérisations par voie terrestre à un stade de croissance aussi avancé, des voies d'accès non ensemencées sont obtenues en fermant les becs appropriés du semoir, de façon à laisser entre chaque allée une distance correspondant à la largeur de pulvérisation (FIGURE 61).

Efficacité selon les conditions de croissance

Les meilleurs résultats sont obtenus lorsque les céréales sont en croissance active. Il est dangereux de traiter des cultures affectées par les maladies, les déficiences nutritives, la sécheresse, les excès d'eau ou les températures extrêmes.

La température affecte considérablement l'efficacité du traitement. En effet, l'éthéphon requiert des températures douces (au moins 13-14°C) pour être efficace. Par contre, s'il est additionné de chlorure de mépiquat, il tolère des températures un peu plus fraîches, ce qui permet de l'appliquer à un stade plus hâtif. Ces préparations mixtes ne sont pas encore homologuées au Canada en 1986. L'efficacité de l'éthéphon sur le blé semble beaucoup plus dépendante des conditions climatiques, notamment de la température, que celle du C.C.C., et la période optimale pour le traitement à l'éthéphon est remarquablement brève, soit de trois à cinq jours au total.

L'application d'éthéphon doit s'effectuer sur une culture exempte d'humidité et lorsqu'aucune précipitation n'est prévue dans les six prochaines heures. Son effet se produit seulement 7 à 10 jours après l'appli-



Adapté de Aren M. et Smid E. 1985. ICM cultural practices in Ontario

FIGURE 61 — **Préparation et utilisation des voies d'accès dans des cultures intensives de céréales**
Lors du semis, des voies d'accès sont laissées à tous les trois passages du semoir. Le pulvérisateur suit ces voies d'accès et couvre trois largeurs de semoir.

cation. On applique en général de 240 à 480 grammes de matière active à l'hectare sur l'orge à six rangs, et de 240 à 360 grammes de matière active à l'hectare sur l'orge à deux rangs. La dilution se fait dans 100 à 300 litres d'eau. Les solutions diluées d'éthéphon ne se conserve pas plus de 24 heures.

Effets du traitement

Sur la verse
L'augmentation de la résistance à la verse suite au traitement à l'éthéphon, résulte du raffermissement de la tige et de son raccourcissement de 2 à 15 centimètres. Le raccourcissement de la tige est localisé principalement au niveau des deux à trois derniers entrenoeuds, c'est-à-dire au tiers supérieur de la tige.

Sur le rendement
Le produit n'a par lui-même, aucune influence sur le rendement. Toutefois, il entraîne indirectement une augmentation de rendement en prévenant les pertes associées à la verse.

Sur la fertilisation azotée
L'utilisation de doses optimales d'azote entraîne l'usage des raccourcisseurs de paille. Les conditions climatiques ont une grande influence sur l'efficacité de la fertilisation azotée et sur celle du raccourcisseur de paille : en période de sécheresse, leur efficacité est réduite de beaucoup. D'autres années d'expérimentation s'avèrent donc nécessaires avant de définir les pratiques optimales sous nos conditions de culture. Cependant, on peut déjà pressentir que la brièveté de notre printemps exclut les programmes d'applications très complexes utilisées en Europe. La dose totale d'azote (N) peut être augmentée à environ 100 unités pour l'orge, à environ 100 unités pour le blé fourrager et à environ 120 à 150 unités pour le blé panifiable selon le cultivar utilisé. Un effet intéressant d'une dose d'azote élevée est d'augmenter la teneur en protéines du grain de blé. Néanmoins, si l'on fait abstraction de l'apport d'azote, il demeure que le taux de protéines du blé a tendance à être plus élevé en saison sèche qu'au cours des étés pluvieux.

Effets secondaires
Le traitement peut retarder la maturité de quelques jours. De plus, on note une augmentation de la sensibilité aux maladies. Des essais réalisés dans les Maritimes avec le C.C.C. montrent qu'en « absence de verse », la substance de croissance abaisse les rendements en augmentant l'intensité des maladies. Les traitements fongicides réduisent l'intensité des

maladies alors que l'accroissement des apports d'azote augmente l'incidence du blanc.

L'application intempestive ou de doses trop fortes d'éthéphon peuvent causer la stérilité de l'épi et augmenter la pousse indésirable de tiges secondaires. Les risques de développement de l'ergot sont augmentés. En cas de doute, mieux vaut réduire les doses ou s'abstenir.

Mise en garde

La culture intensive est une approche globale nouvelle pour le Québec et les conditions de rentabilité des substance de croissance et des suppléments d'azote doivent être évaluées sous nos conditions. Les populations plus élevées et les rangs plus serrés (10 centimètres) devraient faire l'objet de recherches plus poussées. Les fongicides pourraient avoir une utilisation dans la culture intensive des céréales de printemps pour protéger les augmentations de rendement générées en conditions de conduite intensive, mais on n'a pas encore mesuré la rentabilité du traitement au Québec. Il peut s'avérer préférable d'appliquer ces produits seulement lorsque les infections fongiques atteignent un certain seuil critique, car chaque intervention est coûteuse et il faut rechercher le meilleur rapport coût-bénéfice.

Le bulletin technique du CPVQ « **Culture intensive des céréales** » fournira un aperçu plus détaillé de l'état actuel des connaissances dans ce domaine.

Facteurs de décision

L'emploi des raccourcisseurs de paille n'est pas toujours rentable. Leur utilisation doit donc se limiter aux situations les valorisant réellement, c'est-à-dire lorsqu'il y a une espérance de fort rendement, un risque élevé de verse ou qu'un apport d'azote peut être rentablilisé par la céréale. Dans un système visant de hauts rendements, la haute fertilisation azotée, les fongicides et les raccourcisseurs de paille vont souvent de pair. Si l'un de ces trois éléments de production manque, l'efficacité des autres risque d'être compromise.

Les espérances de rendement élevé varient selon la saison et le type de sol. Les argiles, loams et loams argileux peuvent retenir davantage d'eau utile que les sols sableux (TABLEAU 16). Ces sols conviennent pour l'intensification des cultures.

CÉRÉALES MÉLANGÉES ET AUTRES ESPÈCES

Mélange céréale-céréale[1]

Mélange céréale-pois[1]

Sarrasin[2]

1 — André Amyot et Gilles Dupuis
2 — Jean-Paul Jacob

Mélange céréale-céréale

Les champs semés de céréales en mélange occupent près de 8 % des superficies cultivées en céréales à paille au Québec.

Cette pratique s'explique du fait que le producteur céréalier du Québec est surtout un éleveur, de sorte qu'une grande partie de la production de grain est utilisée à la ferme. En 1986, près de 30 % des céréales produites au Québec est destiné à l'autoconsommation sur la ferme.

Le semis de mélanges de céréales pour l'utilisation sur la ferme présente certains avantages mais il complique la gestion technique.

Principaux avantages

Le rendement du mélange avoine-orge est supérieur à celui de l'avoine pure mais demeure plus faible que celui de l'orge pure (TABLEAU 50).

TABLEAU 50 — **Rendement de mélanges avoine-orge à Charlottetown (moyenne de trois ans)**

Proportion (%)		Rendement
Orge	Avoine	kg/ha
100	0	3248
75	25	3098
50	50	3003
25	75	2849
0	100	2624

Adapté de Johnston H.W. 1977. Canadian J. 10: 34

L'augmentation de rendement du mélange par rapport à celui de l'avoine s'explique non seulement par l'introduction d'une espèce à plus haut rendement mais aussi par une meilleure utilisation des ressources du milieu, lumière, eau, éléments nutritifs, en raison des exigences différentes de chaque espèce. Le mélange possède également une plus grande résistance à la verse que l'avoine seule à cause des périodes de lignification différentes. De plus, le mélange démontre une tolérance accrue aux maladies en raison de la dilution de l'espèce sensible et de la propagation moins rapide des maladies: un organisme s'attaquant à une espèce, n'affecte généralement pas l'autre espèce. Finalement, une plus grande résistance aux différents stress de l'environnement (exemple : sécheresse) résulte en une moins grande variabilité du rendement d'une année à l'autre.

D'autres avantages découlent de l'utilisation des mélanges, entre autres l'augmentation de la valeur nutritive de la récolte par rapport à la culture pure de l'avoine et l'entreposage de toute la récolte en un seul endroit (un silo suffit).

Principaux inconvénients

Des difficultés au battage occasionnées par les différences de maturité entre les espèces et les cultivars choisis, entraînent des pertes accrues et un manque d'uniformité de la qualité du grain.

De plus, la compétition entre les espèces et les cultivars de céréales se traduit à la récolte, par des proportions variables de chacune des espèces selon les conditions de sol et de climat. Par exemple, l'avoine et l'orge sont plus compétitives au départ que le blé ; l'avoine souffre beaucoup plus des chaleurs de l'été; la fertilisation azotée favorise l'orge au détriment de l'avoine.

La gestion de la culture est aussi plus difficile car elle doit tenir compte des exigences de chacune des espèces (fertilisation, répression des mauvaises herbes et période de récolte). Finalement, des difficultés apparaissent lors de la fabrication de moulées repondant ceux exigeances alimentaires de chaque espèces animale.

Ensemencement

Le succès d'une telle culture repose grandement sur le choix des composantes du mélange et de la proportion de chacune. Les précautions les plus importantes à prendre concernent le choix des espèces, le choix des cultivars, la proportion de chaque espèce et le semis.

Choix des espèces

Le mélange ne doit jamais comporter plus de deux espèces de céréales. Au Québec, les deux principaux mélanges utilisés se composent de l'avoine et de l'orge, le plus populaire, et de l'avoine et du blé. Un mélange des trois espèces de céréales (avoine-blé-orge) ne donne pas une maturité assez uniforme.

Choix des cultivars

Il faut choisir des cultivars de maturité semblable.

Dans le cas du mélange avoine-orge, il faut utiliser une avoine hâtive (Exemple : Laurent) et une orge tardive (Exemple : Sophie). L'utilisation de cultivars d'avoine tardifs (Exemples : Lamar, Oxford) augmente le risque d'égrenage de l'orge à maturité.

En ce qui concerne le mélange avoine-blé, il faut utiliser une avoine tardive à paille courte (Exemple : Lamar, Oxford) et un blé hâtif. Les cultivars de blé à fort potentiel de rendement sont plus tardifs ; on ne peut les associer qu'avec des cultivars d'avoine résistant à la verse et à l'égrenage.

Dose de semis et proportion de chaque espèce

Il faut utiliser la dose recommandée (nombre de grains par mètre carré) pour l'espèce dominante dans le mélange.

Le mélange avoine-orge est constitué de 50 % d'avoine et de 50 % d'orge, et le mélange avoine-blé est constitué de 50 à 60 % d'avoine et de 40 à 50 % de blé en nombre de grains. Les proportions en poids dépendent de la grosseur de la semence de chaque espèce. Pour calculer la quantité à semer en kilogrammes à l'hectare, il faut multiplier le poids de 1 000 grains (en grammes) du lot de semence par la dose de semis désirée (en grains par mètre carré) et diviser par 100.

Mélange céréale-pois

La culture de céréales en mélange avec le pois présente un certain intérêt pour les agriculteurs. Les producteurs de grains humides s'intéressent également à cette technique.

Avantages

Le mélange permet de cultiver le pois en réduisant la verse. La verse est un problème lorsque le pois est produit en culture pure.

La teneur en protéines de la récolte augmente puisque le pois en contient environ 25 % ; la quantité totale de protéines produite à l'hectare s'accroît aussi puisque le rendement reste à peu près identique à celui du blé pur (TABLEAU 51). Il en résulte une économie de supplément protéique.

Inconvénients

Les inconvénients d'un mélange pois-céréale touchent le semis, la répression des mauvaises herbes, l'augmentation de la verse, la récolte, le rendement et l'utilisation du mélange.

Semis : La ségrégation de la semence de grosseur et de forme différente dans le semoir peut entraîner une répartition inégale des espèces dans le champ ; il faut donc brasser régulièrement les grains pour éviter ce problème. Le rebondissement du pois à la surface du sol laisse souvent plusieurs grains non enterrés. Cependant, l'utilisation du semoir à doubles disques prévient ce problème.

Mauvaises herbes : La répression des mauvaises herbes est plus difficile et plus dispendieuse. Le choix des herbicides étant réduit, seuls le TROPOTOX-PLUS et le MCPA sodium sont recommandés. La compétition des mauvaises herbes affecte considérablement le rendement du pois.

Verse : Le pourcentage de verse de la céréale augmente car cette dernière agit comme un tuteur auquel s'agrippe le pois, rendant ainsi la récolte plus difficile.

Rendement : Le rendement du mélange blé-pois peut être légèrement supérieur à celui du blé pur (TABLEAU 51). On constate cependant que le pourcentage de pois du mélange récolté est variable d'une année à l'autre et toujours inférieur au pourcentage de pois au semis.

TABLEAU 51 — **Rendement et qualité obtenus avec l'association blé-pois**[1]

Dose de semis (grains/m²) blé	Dose de semis (grains/m²) pois	Population semée	Rendement (kg/ha)	Teneur en protéine (%)	Rendement en protéine (kg/ha)	Indice de verse du blé[2]
350	0	blé pur	2588	14,4	373	1,4
290	25	**92 % blé + 8 % pois**	**2610**	**18,1**	**473**	
		(blé)	(1820)			
		(pois)	(790)			(2,6)
175	45	80 % blé + 20 % pois	2681	19,7	528	
		(blé)	(1468)			
		(pois)	(1213)			(3,6)
0	75	pois pur	2195	25,4	557	

Adapté de [illegible]

1 — Dans cet essai les espèces ont été semées en rangs alternés. Les moyennes sont basées sur les cultivars de blé Opal et Glenlea, et les cultivars de pois Trapper et Century, en semis pur et en association blé-pois.

2 — Absence de verse = 1,0 et verse totale = 9,0.

Utilisation : L'utilisation d'un mélange céréale-pois nécessite une attention particulière. En effet, le mélange se sépare lors du remplissage du silo, le pois ayant tendance à rouler le long des murs. À la reprise, le mélange peut présenter des variations de la teneur en protéines.

Le traitement du mélange blé-pois se limite à la mouture. Il s'aplatit difficilement avec des rouleaux : trop humide, il s'écrabouille, trop sec, il se réduit en poussière.

De plus, si la proportion de pois dans la récolte est insuffisante, la teneur en protéines n'augmente pas beaucoup. Dans ces conditions, les inconvénients liés à la présence du pois (semis, mauvaises herbes, récolte) surpassent ses avantages.

Précautions : Finalement, cette culture exige certaines précautions quant au choix de l'espèce et du cultivar, de la proportion de chaque espèce du mélange, de l'inoculation, du semis et de la récolte.

Ensemencement

Choix des espèces

Il faut semer une seule espèce de céréale avec le pois. Les mélanges comportant trois espèces ou plus ne sont pas recommandés car la maturité s'échelonnent sur une trop longue période de temps.

Le mélange blé-pois est le plus avantageux : le blé réduit la verse à cause de la rigidité de sa paille et la maturité du pois ressemble (100-105 jours) à celle des cultivars hâtifs de blé.

Les mélanges orge-pois ne sont pas recommandés : lorsque l'orge atteint sa pleine maturité, le pois est encore trop humide pour la récolte.

Dans les régions où le blé ne convient pas, on peut toujours utiliser soit un mélange avoine-pois à condition de choisir un cultivar d'avoine résistant à la verse (Exemple : Oxford), soit un mélange orge-pois si le cultivar d'orge est tardif (Exemple : Sophie).

Les mélanges céréale-pois peuvent aussi être ensilés.

Choix des cultivars

Semer les pois Lenca, Tipu ou Century avec un cultivar de blé assez hâtif (Exemple : Columbus) de façon à obtenir la maturité la plus uniforme possible. Le cultivar Tipu, de type semi-feuillu, s'agrippe mieux à la céréale et a moins tendance à verser. Le cultivar Trapper n'est plus recommandé et le cultivar Century ne le sera plus après 1988. L'utilisation des cultivars de blé tardif augmente les pertes de pois au champ. Le mélange du pois Lenca avec le blé Laval 19 est populaire parce que ce blé offre un excellent support au pois.

Semis et proportion de chaque espèce

La dose de semis du blé dans le mélange doit être de deux tiers à trois quarts de la dose en semis pur (266 à 300 grains par mètre carré). La proportion de pois représente de 10 à 15 % du nombre de grains total. Ainsi, on augmente de façon significative la teneur en protéines de la récolte sans trop accroître le risque de verse. Pour calculer la dose de semis en kilogramme à l'hectare, on multiplie le poids de 1 000 grains (en grammes) du lot de semences par la dose de semis désirée (en grain par mètre carré) et on divise par 100. Le calcul doit être fait séparément pour le blé et le pois.

Les semis hâtifs sont aussi importants pour le pois que pour le blé. Tout comme le blé, le pois résiste sans problème aux gelées printanières. Par ailleurs, le mélange céréale-pois ne devrait pas servir de culture-abri car l'implantation des espèces fourragères s'effectue difficilement sous ces conditions.

Inoculation

Le pois est une légumineuse pouvant fixer l'azote de l'air en présence de rhizobiums spécifiques. Le pois inoculé avec son inoculant spécifique (*Rhizobium phaseoli*) satisfait ses besoins en azote pendant la saison. De plus, la fertilisation azotée appliquée pour la céréale ne nuit pas à l'activité de ce rhizobium. La dose d'inoculation utilisée dans le cas du pois en culture pure est de un sac d'inoculant par 25 kilogrammes de semence. On doit utiliser la même dose dans le cas d'un mélange céréale-pois (un sac d'inoculant par 25 kilogrammes du mélange). L'inoculation des mélanges est difficile en pratique pour des quantités importantes de grains à ensemencer. Une fois effectuée, elle permet cependant d'obtenir un meilleur rendement avec une fertilisation azotée réduite. En l'absence d'inoculation, la fertilisation azotée est le principal facteur affectant le pourcentage de protéine du pois.

Récolte

La récolte s'effectue lorsque les deux espèces ont atteint une maturité adéquate. Toutefois, le pois est une plante à croissance continue, de sorte que les gousses du haut mûrissent plus tard que celles du bas. Il est donc difficile d'atteindre 14 % d'humidité à la récolte. La récolte est également difficile à synchroniser car le blé atteint souvent sa maturité quelques jours plus tard que le pois. De plus, les pertes de pois par égrenage peuvent être importantes si les conditions climatiques retardent la récolte. La récolte et l'entreposage humide résolvent ce problème et permettent d'avoir une certaine flexibilité dans l'échéancier de récolte. On doit alors récolter au stade pâteux du grain et ensiler.

Sarrasin

Bien que le sarrasin soit une polygonacée et non une graminée, il est classé parmi les céréales parce que les modes de culture, de récolte et d'utilisation s'apparentent à ces dernières.

Production

Le Canada est le troisième producteur mondial de sarrasin et le Québec vient au deuxième rang après le Manitoba pour la production canadienne. Les superficies en sarrasin ont plus que doublé au Québec de 1977 à 1987, passant de 5 200 à 11 300 hectares[1].

Au Québec, le sarrasin produit des rendements peu élevés et très variables d'une année à l'autre, avec une moyenne autour de 1 100 kilogrammes à l'hectare. Cependant cette espèce est très versatile et peut entrer dans la plupart des rotations ; son prix à l'exportation est quelquefois très bon.

Une très faible proportion de notre production est consommée au Québec, le Japon étant le principal importateur. Le marché japonais est très exigeant sur la qualité et il n'accepte que le sarrasin de nouvelle récolte. Les Japonais préfèrent également les cultivars à gros grains.

Adaptation

Cette plante se développe mieux sous des conditions fraîches et humides car une température chaude et sèche au moment de la floraison peut provoquer une mauvaise fécondation et un remplissage défectueux des grains. La floraison du sarrasin débute de quatre à six semaines après l'ensemencement et se continue jusqu'aux gelées. Le sarrasin s'adapte bien à la plupart des sols du Québec mais préfère les sols bien égouttés de texture moyenne. Étant donné sa sensibilité à la sécheresse, il préfère les sols dont la capacité de rétention en eau est élevée. Dans les zones agroclimatiques 4 et 5, les risques de sécheresse sont moindres et le sarrasin s'adapte bien aux sols plus légers.

Cultivars

Les cultivars Manor, Mancan et Tokyo sont les mieux adaptés à nos conditions. Le poids de 1 000 grains de Manor et Mancan est de 25 % plus élevé que celui de Tokyo. Ces deux cultivars répondent donc bien à l'exigence du marché japonais.

[1] Estimé 1987

Régie

Préparation du sol

Un labour mince (15 à 18 centimètres) est effectué au début de juin, l'année du semis. Le hersage est réduit au minimum et ne doit pas dépasser cinq à six centimètres de profondeur pour ne pas assécher le sol.

Ensemencement

Le semis s'effectue avec un semoir conventionnel. La dose de semis recommandée est de 55-60 kilogrammes à l'hectare pour le cultivar Tokyo et de 70 kilogrammes à l'hectare pour Mancan et Manor, ce qui représente une densité de semis d'environ 255 graines par mètre carré.

La profondeur de semis est de trois à cinq centimètres dépendant de la date d'ensemencement et de l'humidité du sol. Le roulage après le semis favorise la germination car il raffermit le lit de semence et diminue l'évaporation de surface, très nuisible sur un sol relativement sec en juin.

Date de semis

Le sarrasin est très sensible au gel du printemps et de l'automne et exige une période de 10 à 12 semaines pour parvenir à maturité. Le semis est effectué entre le 15 juin et le 10 juillet. La récolte peut débuter vers le 10 septembre pour le sarrasin semé le 15 juin et on doit attendre au début d'octobre pour récolter celui semé le 10 juillet.

Fertilisation

Le sarrasin est peu exigeant en éléments fertilisants. Une application de 20 kilogrammes à l'hectare d'azote et de 40 kilogrammes à l'hectare de P_2O_5 et de K_2O s'avère souvent suffisante. Il faut éviter les applications trop élevées d'azote : le sarrasin est sensible à la verse. Le fumier n'est pas recommandé à moins que le sarrasin ne soit cultivé comme culture d'enfouissement.

Mauvaises herbes

Le sarrasin est une plante à croissance rapide ; il compétitionne très bien les mauvaises herbes. Il n'est pas nécessaire d'appliquer un herbicide lors du semis. Seul un traitement mécanique pour réprimer le chiendent peut être nécessaire. Voir la section « Mauvaises herbes ».

Ennemis

Les pucerons peuvent devenir abondants vers le stade de la floraison. Il n'existe toutefois pas d'insecticide homologué contre le puceron sur le sarrasin au Canada.

Récolte et conservation

Le sarrasin ne mûrit pas uniformément ; sa floraison s'échelonne jusqu'aux premières gelées. Il y a donc beaucoup de grains verts à la récolte. Pour ces raisons, l'andainage est préférable au battage direct.

L'andainage est possible dans les régions agroclimatiques 1 et 2. Si l'on choisit d'andainer, cette opération doit se faire avant le 15 août. Dans le cas de semis hâtif, l'andainage s'effectue lorsque 75 à 80 % des grains est mûr. Il faut laisser le chaume assez long (25 à 30 centimètres) afin d'empêcher que le sarrasin ne vienne en contact avec le sol et éviter des pertes à la récolte.

En l'absence d'andainage, la récolte à la moissonneuse-batteuse s'effectue uniquement après les gelées mortelles car les feuilles vertes peuvent bloquer la batteuse. Il ne faut toutefois pas trop retarder la récolte : les pertes au battage sont plus élevées.

Le sarrasin doit être entreposé à un degré d'humidité inférieur à 15 %. S'il faut le sécher, on doit le faire à basse température (43°C). Des températures trop élevées donnent à la farine un mauvais goût.

Le sarrasin est entreposé dans des silos bien ventilés. Il est préférable d'utiliser un plancher perforé à la grandeur du silo pour favoriser une meilleure circulation de l'air.

OBTENTION, RECOMMANDATION ET PRODUCTION DE SEMENCES DE CULTIVARS

Obtention et recommandation de cultivars

Production de semences pedigree

Diversification génétique

André Comeau, Jean-Pierre Dubuc et André Arcand

Les nouveaux cultivars jouent un rôle de premier plan dans le progrès des céréales au Québec. Ces cultivars donnent des rendements très élevés et résistent mieux aux maladies et à la verse. Certains répondent très bien aux applications de fertilisants et aux raccourcisseurs de paille ; ils possèdent un grain de qualité supérieure qui fait ouvrir de nouvelles perspectives de commercialisation. Dans les pays à haute productivité, l'amélioration de la force de paille et de l'aptitude à utiliser l'azote ont un impact économique prédominant. Les Européens ont démontré que l'amélioration phytogénétique est responsable de 33 à 67 % des gains de productivité du blé. Les valeurs pour l'orge sont semblables.

Obtention et recommandation de cultivars

Plusieurs institutions privées et publiques, canadiennes et étrangères, participent à la création des cultivars. Le phytogénéticien choisit ses objectifs en fonction des besoins futurs : le délai entre l'hybridation et la mise en marché dépasse presque toujours dix ans. L'hybridation de deux lignées parentales choisies en fonction de leurs qualités complémentaires donne le grain « F_1 ». Ce grain hybride ne reproduit pas les caractères des parents, mais une série potentiellement infinie de recombinaisons nouvelles. Au cours des cinq générations subséquentes, une sélection se fait qui consiste à éliminer les lignées à paille longue et à maturité trop tardive, avant que les caractères ne soient stabilisés. On rejette également les plantes dont le grain est trop léger ou sans qualité, et on soumet un grand nombre de lignées à des essais de résistance à diverses maladies fongiques et virales, pour éliminer les plus sensibles.

Une lignée ne peut être acceptée dans le premier cycle d'évaluation scientifique avant d'être reconnue stable et uniforme. Ce n'est que vers la sixième génération que cette pureté génétique est atteinte. C'est alors que peut débuter le premier cycle d'évaluation scientifique (TABLEAU 62). Au second cycle, en essais d'enregistrement, les lignées des compagnies et des institutions québécoises arrivent en concurrence avec d'autres lignées originaires de l'extérieur du Québec et avec les cultivars existants. Après trois ans d'essais coopératifs, les meilleures lignées sont enregistrées au catalogue canadien et reçoivent un nom. Ces lignées sont alors mises à la disposition des producteurs de semence pedigree. C'est la toute première entrée sur le marché.

TABLEAU 62 — **Étapes de l'amélioration phytogénétique des céréales et de la recommandation au Québec**

Année	Activité	Objectif principal	Nombre de lignées de céréales par an	Nombre de postes d'essai par lignée au Québec	Nombre de parcelles par lignée à chaque endroit
0	Choix d'objectifs et de parents	—	—	—	—
1	Hybridation	Complémentarité	—	1	—
2 à 6	Sélection	Hauteur Maturité Résistance aux maladies Type de grain	—	1	—
7	Préobservation	Uniformité	10 000	1	1
8	Évaluation	Caractères quantitatifs (rendement, verse, qualité du grain, etc.)	2 000	2	2
9	Évaluation		500	2	3
10	Évaluation		200	6	3
11	Essais coopératifs[1] (Compétition entre améliorateurs du Québec et d'ailleurs)	Valeur agronomique, résistance, adaptation	60	5	4
12	Essais coopératifs		25	5[1]	4
13	Essais coopératifs		10	5[1]	4
	Enregistrement		1 ou 2	—	—
14 à 16	Évaluation 3e cycle (essais du CPVQ) : tous les cultivars recommandés du Québec et tous les nouveaux cultivars canadiens	Zonage	36	20	3
	Décision : Recommandation ou non-recommandation pour diverses zones du Québec				

1 — Quinze autres postes hors du Québec sont inclus à cette étape pour aider l'évaluation pour fin d'enregistrement

Viennent ensuite les essais du conseil des Productions végétales du Québec où tous les cultivars recommandés ainsi que tous les nouveaux cultivars sont comparés. Après trois ans d'essais du CPVQ, les nouveaux cultivars sont recommandés pour diverses zones agricoles du Québec, ou rejetés et non recommandés. La recommandation par le CPVQ est un élément de sécurité et d'information important pour l'agriculteur. À noter que l'assurance-récolte ne s'applique qu'aux cultivars recommandés par le CPVQ.

Ce processus d'une durée totale de 16 ans pour la création et la recommandation d'un nouveau cultivar est souvent abrégé de deux ou trois ans lors de l'étape de sélection, par des cycles de culture en serre ou à l'étranger. De nouvelles méthodes, comme la création d'haploïdes doublés, permettent un gain d'environ quatre ans dans cette même période. Dans certains pays, on commence à développer des blés hybrides « F_1 », à l'aide de la stérilité mâle cytoplasmique ou chimique.

Dans le contexte actuel où la compétition entre les régions productrices s'accentue, le maintien du système de création et d'évaluation de cultivars joue un rôle important pour le Québec.

Production de semences pedigree

La mise en marché de nouveaux cultivars se fait avec la collaboration d'agriculteurs spécialisés, les producteurs de semences pedigree.

La loi ne permet pas de commercialiser sous un nom de cultivar autre chose qu'une semence pedigree. Cette semence est produite suivant des normes précises établies et surveillées par l'Association canadienne des producteurs de semences et c'est pour cette raison que la pureté génétique peut être garantie. En plus de la garantie quant au cultivar, le client est assuré que la semence possède une bonne germination, contient peu d'impuretés, est exempte de certaines maladies et est de bonne qualité.

Au Québec, les superficies en semences pedigree ont passé de 2 000 hectares en 1960, à 13 000 hectares en 1978 et ont peu varié depuis.

La production a beaucoup changé au cours des années. Auparavant, elle s'effectuait sur une base individuelle. De nos jours, c'est la production à contrat qui est favorisée avec l'implantation de plusieurs établissements spécialisés dans le conditionnement des semences de céréales et la venue de cultivars privés. Les producteurs sont de plus en plus spécialisés : ils ensemencent en moyenne, pour la production de semences pedigree, 40 hectares comparativement à 10 hectares en 1960.

On trouve sur le marché des quantités suffisantes de semences pedigree de la plupart des cultivars populaires. Les superficies ensemencées pour la production de semences pedigree sont basées sur les prévisions de vente des diverses maisons de semences. Le Québec produit environ 80 % des semences de céréales pedigree qu'il utilise pour ses ensemencements. Le Québec est l'une des provinces ayant un taux élevé d'utilisation de semences pedigree. On estime que 40 % des semences de céréales mises en terre est de classe pedigree. Ce taux, qui semble bas, est très élevé si l'on considère le nombre imposant de producteurs de grain qui utilisent encore leurs propres grains pour fins d'ensemencement d'une année à l'autre. Le Québec se compare ainsi à l'Europe où le taux d'utilisation est de 40 à 50 % de semences pedigree.

Pour devenir producteur de semences pedigree, il faut compléter un formulaire intitulé « Demande d'inspection de récolte et d'admission à l'Association canadienne des producteurs de semences ». Ce formulaire peut être obtenu aux endroits suivants :

Syndicat des producteurs de semences pedigree du Québec
555, boulv. Roland Therrien
Longueuil (Québec)
J4H 3Y9

ou

Association canadienne des producteurs de semences
240, rue Catherine
Casier postal 8455
Ottawa (Ontario)
K1G 3T7

La semence d'un producteur peut être de classe pedigree si ce dernier a respecté toutes les exigences contenues dans la circulaire 6-84 de l'Association canadienne des producteurs de semences.

La production de semences pedigree se doit d'être légèrement plus rentable que la production de grain d'alimentation animale en raison de l'attention spéciale qu'on doit y apporter. Avant d'opter pour ce genre de production, on doit, entre autres :

— considérer la possibilité d'obtenir un contrat de production ainsi que le stock de base nécessaire à la multiplication ;
— s'assurer que l'on peut respecter les exigences contenues dans la circulaire 6-84 ;
— disposer de terrains appropriés c'est-à-dire : uniformes, exempts de folle-avoine et d'autres mauvaises herbes ;
— s'assurer qu'il existe, à un coût raisonnable, des installations de nettoyage de la semence ;
— disposer du temps nécessaire pour faire l'épuration des champs et le nettoyage de l'équipement ;
— considérer les coûts additionnels d'achat de la semence, d'épuration des champs, de nettoyage de l'équipement, de cotisation à l'ACPS et au Syndicat, d'inspection des champs, de nettoyage de la semence, de classification et d'étiquetage, d'achat de sacs et de traitement de la semence.

Diversification génétique

On n'accorde peut-être pas assez d'attention au risque occasionné par l'utilisation d'un nombre restreint de cultivars. Assez souvent, un nouveau cultivar prometteur occupe rapidement de grandes surfaces, pour ensuite devenir la cible d'un nouveau type d'agent pathogène. Ce phénomène existe au Québec. On vient de le constater avec le cultivar d'orge Bruce. Lorsque ce cultivar fait son entrée au Québec, il occupe déjà de grandes superficies en Ontario. En devenant populaire au Québec, ce cultivar est donc bientôt confronté à un réservoir considérable d'agents pathogènes potentiels au Québec et en Ontario. On n'a pas quantifié avec précision lesquels, parmi les pathogènes, ont contribué le plus à déprécier la valeur de ce cultivar. On sait cependant que ce cultivar est devenu de moins en moins résistant à l'oïdium. D'autres facteurs moins bien connus sont peut-être impliqués mais, en somme, le cultivar Bruce a subi une perte graduelle de potentiel de rendement à partir de 1982. Cette perte importante et statistiquement significative atteint actuellement environ 8 % si on compare Bruce aux cultivars témoins Loyola et Laurier (FIGURE 63).

Lorsqu'un cultivar devient populaire et qu'il occupe de plus grandes superficies, il devient donc exposé à un plus grand nombre de nouvelles races d'organismes pathogènes surtout de rouilles et d'oïdium.

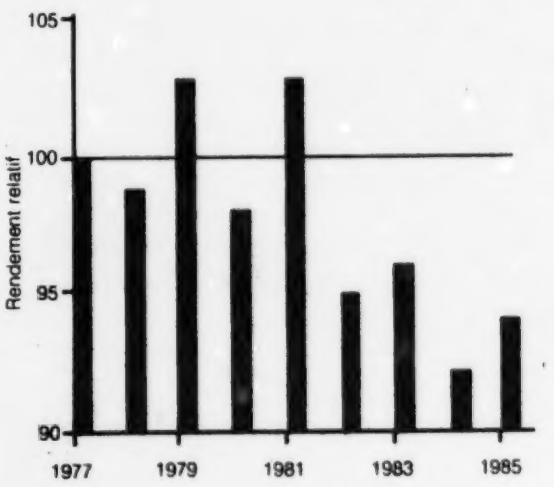


FIGURE 63 — **Baisse de rendement relatif de l'orge Bruce, par rapport aux cultivars québécois Loyola et Laurier de 1977 à 1985.**

Les Européens ont adopté des mesures efficaces de diversification génétique qui permettent de prolonger la longévité des meilleurs cultivars. En augmentant le nombre de cultivars pour chaque région, et en recommandant à chaque agriculteur de semer plusieurs cultivars, ils diminuent beaucoup le risque théorique d'épidémie. La pratique a confirmé l'utilité de cette mesure qui fonctionne très bien, à condition que les facteurs génétiques de résistance aux maladies des divers cultivars ne soient pas identiques. Il n'y a pas eu d'épidémie majeure dans les pays où cette méthode a été adoptée. Les divers cultivars sont généralement semés dans des champs différents, mais les mélanges de cultivars compatibles de hauteur et de maturité égale, sont encore plus efficaces comme moyen de lutte contre les pathogènes.

C'est donc un objectif valable d'augmenter le choix de bons cultivars et de recommander aux agriculteurs de diversifier leurs cultures. C'est une méthode phytosanitaire efficace et rentable.

Adresses utiles

Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec

— Recherche

Conseil des productions végétales du Québec
200, chemin Sainte-Foy, 2ème étage
Québec
G1R 4X6
Tél. : 418--643-1229

Service des productions végétales
1 000, route de l'Église, 5ième étage
Sainte-Foy
G1V 3V9
Tél. : 418--643-1371

Service de recherches en phytotechnie de Québec
Complexe scientifique
2 700, rue Einstein (D-1-110)
Sainte-Foy
G1P 3W8
Tél. : 418--643-2380

Service de recherches en phytotechnie de Saint-Hyacinthe
3 300, rue Sicotte
Saint-Hyacinthe
J2S 7B8
Tél. : 514--774-0660

Service de recherches en zootechnie
100, Lagorgentière
Deschambault
G0A 1S0
Tél.: 418--286-3351

Station de recherches de Saint-Bruno-de-Montarville
335 est, Chemin des 25
Saint-Bruno-de-Montarville
J3V 4P6
Tél.: 514--653-4413

Avertissements phytosanitaires
1 000, route de l'Église, 5ième étage
Sainte-Foy
G1V 3V9
Tél.: 418--643-1371

Laboratoire de diagnostic (insectes)
3 300, rue Sicotte
Saint-Hyacinthe
J2S 7B8
Tél.: 514--774-0660

Laboratoire de diagnostic (maladies et mauvaises herbes)
Complexe scientifique
2 700, rue Einstein (D-1-110)
Sainte-Foy
G1P 3W8
Tél.: 418--643-2380

— Bureaux régionaux

Région 1 (Bas Saint-Laurent, Gaspésie, Îles-de-la-Madeleine)
337, rue Moreault
Rimouski (Québec)
G5L 1P4
Tél: (418) 722-3615

Région 2 (Rives Nord et Sud du Saint-Laurent)
1900, 9e avenue
Charny (Québec)
G6W 6E5
Tél: (418) 832-2977

Région 3 (Beauce, Dorchester, Mégantic, Frontenac)
Édifice Verdier, C.P. 459
1115, avenue du Palais
Saint-Joseph-de-Beauce (Québec)
G0S 2V0
Tél: (418) 397-6825

Région 4 (Nicolet)
460, boul. Louis-Fréchette
C.P. 1090
Nicolet (Québec)
J0G 1E0
Tél: (819) 293-8501

Région 5 (des Cantons de l'Est)
4260, boul. Bourque
Rock Forest (Québec)
J1N 1E6
Tél: (819) 563-3383

Région 6 (Est de Montréal)
3230, rue Sicotte, C.P. 40
Saint-Hyacinthe (Québec)
J2S 7B2
Tél: (514) 773-3924

Région 7 (Sud-Ouest de Montréal)
214, rue Principale
Châteauguay (Québec)
J6J 3H2
Tél.: (514) 692-8288

Région 8 (De L'Outaouais)
390, rue Principale
Buckingham (Québec)
J8L 2G7
Tél.: (819) 986-8541

Région 9 (Nord-Ouest québécois)
180, boul. Rideau, suite 320
Noranda (Québec)
J9X 1N9
Tél.: (819) 764-3287

Région 10 (Rive Nors du Saint-Laurent)
867, boul. l'Ange-Gardien, C.P. 1040
L'Assomption (Québec)
J0K 1G0
Tél.: (514) 589-5781

Région 11 (Mauricie)
91, boul. St-Louis
Cap-de-la-Madeleine (Québec)
G8T 1E5
Tél.: (819) 375-4761

Région 12 (Saguenay, Lac St-Jean)
801, boul. Pont de Taché Nord
Alma (Québec)
G8B 5W2
Tél.: (418) 662-6486

Agriculture Canada

Station de recherches de Sainte-Foy
2 560, boul. Hochelaga
Sainte-Foy
G1V 2J3
Tél.: 418--657-7980

Station de recherches de Lennoxville
2 000 est, Route 108
C.P. 90
Lennoxville
J1N 1Z3
Tél.: 819--565-9171

Ferme expérimentale La Pocatière
1 642, 2e Rang Ouest
La Pocatière
G0R 1Z0
Tél.: 418--856-3141

Ferme expérimentale Normandin
1 472, rue Saint-Cyrille
Normandin
G0W 2E0
Tél.: 418--274-3378

Divers

Régie des marchés agricoles du Québec
Secteur des grains
113, rue Saint-Georges
Lévis
G6V 4L2
Tél.: 418--833-5143

Commission canadienne des grains
410, rue Saint-Nicolas, suite 200
Montréal
H2Y 2P5
Tél.: 514--283-7696

Office des provendes du Canada
5 180, chemin de la Reine Mary
Montréal
H3W 3E7
Tél.: 514--283-7505

Association canadienne des producteurs de semences
240, rue Catherine
Casier postal 8455
Ottawa (Ontario)
K1G 3T7

Association des conditionneurs de semences pedigree du Québec
34, rue Lemonde
C.P. 214
Saint-Liboire
J0H 1R0
Tél.: 514--793-4111

Association des fabricants d'engrais du Québec
C.P. 218
Succursale Jean Talon
Montréal
H1S 2Z2
Tél.: 514--324-5081

Association des marchands de machines aratoires du Québec
11, Avenue Dutch
Bedford
J0J 1A0
Tél.: 514--248-7946

Association des manufacturiers de produits chimiques agricoles
2 428, La Province
Longueuil
J4G 1G1

Association des marchands de semences du Québec
111, Rang 13
Saint-David, Yamaska
Tél.: 819--396-2880

Association des négociants de céréales du Québec
Coopérative Fédérée de Québec
Service des grains
1 055, Marché Central, C.P. 500
Station D'Youville
Montréal
H2P 2W2
Tél.: 514--384-6450

Association des producteurs de chaux du Québec
4 080, rue Wellington, suite 11
Verdun
H4G 1V4
Tél.: 514--761-4558

Association professionnelle des meuniers du Québec
2 323, boul. Versand Nord, local 115-A
Sainte-Foy
G1N 4P4
Tél.: 418--688-9227

Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec
555, boul. Roland Therrien
Longueuil
J4H 3Y9
Tél.: 514--679-0530

Syndicat des producteurs de semences pedigree du Québec
555, boul. Roland Therrien
Longueuil
J4H 3Y9
Tél.: 514--679-0536

Publications à consulter pour la culture des céréales

Publications du CPVQ et du MAPAQ

Agdex 517 Sols — Les façons culturales
Agdex 533 Analyse de sols — Prélèvement d'un échantillon de sol
Agdex 555 Drainage souterrain, information générale
Agdex 572 Sols — L'érosion par l'eau
Agdex 640 Mauvaises herbes, renseignements généraux sur la répression
Agdex 640 Mauvaises herbes, répression
— Herbicides, 41 fiches
Agdex 744 Pulvérisateur à rampe, guide d'utilisation
Agdex 533 Guide d'utilisation de l'analyse foliaire pour la production agricole (Bulletin technique No 11)
— Essais comparatifs de préparation du sol, MAPAQ, Direction de l'hydraulique agricole du machinisme et des constructions rurales, septembre 1980
— La conservation des grains secs, MAPAQ, Direction du développement et de la mise au point technique, 1983

Publications d'Agriculture Canada

869 Chaux et autres amendements du sol
1464 La moissonneuse-batteuse, fonctionnement et réglage
1482 Le pulvérisateur agricole
1497 Séchage du grain
1083 Soil erosion by water
1595 Insectes et acariens dans le grain entreposé à la ferme
1438 L'ergot dans les grains et les graminés
1982-5F Les céréales et la préparation du sol
1728-F Choix et utilisation des silos hermétiques
110-10 Le code décimal de Zadoks (Canadex)